

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

**Caracterização do parque nacional de refrigeração em
setores de atividade para os quais o frio industrial é
crítico**

Hugo Manuel Ferreira Pinto



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Orientador na FEUP: Prof. Clito Afonso

Orientadores na SKK: Eng. João Paulo Pinto e Eng. Jorge Moreira

**Caracterização do parque nacional de refrigeração em setores de
atividade para os quais o frio industrial é crítico**

Trabalho desenvolvido na empresa SKK

Hugo Manuel Ferreira Pinto

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Clito Afonso

Orientadores na SKK: Eng. João Paulo Pinto e Eng. Jorge Moreira



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2015-02-02

Resumo

Em Portugal, a indústria é responsável por cerca de um terço dos consumos energéticos. Em setores de atividade para os quais o frio industrial é crítico, as instalações de frio podem atingir consumos na ordem dos 85% do consumo total da empresa. Por isto, e dada a crescente necessidade de melhorar a eficiência energética, torna-se importante conhecer as instalações a nível nacional e procurar encontrar relações de estudo e análise importantes.

Através de inquéritos direcionados a uma população de mais de 400 empresas, foram obtidas cerca de 100 respostas sobre consumos energéticos, idade das instalações, tipos de descongelação, isolamentos, fluidos frigoríficos utilizados, entre outros.

Analisando os resultados, chegou-se à conclusão que existe uma relação entre o capital social das empresas e o consumo energético das mesmas, para um determinado setor de atividade. Assim, foram encontradas as relações entre ambos e desenvolvido um Fator de Consumo para cada setor de atividade, que relaciona o capital social e os consumos energéticos das empresas. Foi ainda descrito de que forma se caracterizam os diferentes setores de atividade relativamente à percentagem do consumo que é direcionado para frio.

Outros aspetos mais técnicos foram também analisados e demonstrados detalhadamente, como a utilização de fluidos frigoríficos, espessuras médias de isolamento, instalação e manutenção das instalações e hábitos de utilização.

Por fim, foi ainda feita uma pequena análise, resultante de uma amostra de 35 empresas, aos seus compressores, condensadores, sistemas de expansão, sistemas de controlo e aproveitamentos energético que fazem.

O parque nacional de refrigeração apresenta, de acordo com a informação prestada pelas empresas, espaço para investimento no sentido de melhorar a eficiência energética, pelo que será interessante, numa próxima fase, proceder a levantamentos do tipo de auditoria das empresas que se demonstraram menos otimizadas. Para isto, foi também efetuada uma listagem ordenada das empresas analisadas, no sentido de efetuar a análise às suas instalações.

Characterization of the national cooling park in business sectors where industrial refrigeration is critical

Abstract

In Portugal the industry is responsible for about a third of the energetic consumption. In business sectors where industrial refrigeration is critical, installations can achieve consumptions of about 85% of the total consumption of the company. For this reason and the growing necessity to better the energetic efficiency, it becomes important to get to know the installations at a national level and try to find important relations.

Through surveys targeted at a population of over 400 companies there were obtained about 100 answers on energy consumption, age of the facilities, defrost types, insulation, refrigerants used, among others.

Analyzing the results it was concluded that there is a relationship between the companies' capital and energy consumption, for a given sector of activity. Thus, a relationship was found between the two factors, as well as the development of a Consumption Factor for each activity sector, which relates the capital and the energy consumption. It was also described how much the refrigeration installation contributes to the overall consumption.

Other more technical aspects were also analyzed and shown in detail, as the use of refrigerants, average thickness of the insulation panel, installation and maintenance of installations and usage habits.

Finally, an analysis was performed, resulting from a sample of 35 companies, to their compressors, condensers, expansion systems, control systems and energy saving measures.

The national cooling park presents, according to information provided by the companies, room for investment to improve energy efficiency, so it would be interesting to carry out audit surveys for the companies that were noted to be less optimized. For this is shown an ordered list of the studied companies by investment interest and importance.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que me acompanharam durante a realização deste projeto. Um sincero obrigado aos Engenheiros João Paulo Pinto e Jorge Moreira, por me terem recebido e acompanhado durante todo este processo, na SKK, e ao Professor Clito Afonso, agradeço imenso a orientação, a disponibilidade e a importante partilha de ideias e opiniões.

Agradeço ainda à minha família, Mãe, Pai e Irmão, à Maria, que sempre esteve do meu lado, e a todos os meus amigos, por sempre me terem apoiado.

Obrigado!

Índice

Resumo.....	i
Abstract	ii
Agradecimentos	iii
1 Introdução	1
1.1 Apresentação da SKK®	1
1.2 O Projeto na SKK®	1
1.2.1 Objetivos do trabalho.....	2
1.3 Metodologia do trabalho	2
1.4 Temas abordados e organização na presente Dissertação	2
2 Estado da Arte	3
2.1 Conceitos Termodinâmicos	3
2.2 Conceitos de Refrigeração	3
2.2.1 Breve História do Frio e Objetivos da Refrigeração	4
2.2.2 Cadeia de Frio.....	5
2.2.3 Máquina Frigorífica de Carnot	5
2.2.4 Ciclo de Compressão a Vapor.....	7
2.2.5 Principais componentes dos sistemas de refrigeração	8
2.3 Estado atual do frio industrial.....	11
2.3.1 Armazéns e Armazenagem.....	12
2.4 Caracterizações Nacionais e Auditorias	13
2.4.1 Metodologia de uma Auditora	13
2.4.2 Métodos de Aumento de Eficiência	14
2.5 Angariação de dados	17
3 Apresentação do Problema.....	19
3.1 Escolha dos Setores de Atividade.....	19
3.2 Ferramentas usadas para realização dos inquéritos.....	20
3.3 Elaboração do primeiro inquérito	20
3.3.1 Estudo de componentes de instalações.....	21
3.3.2 Pontos abordados	21
3.3.3 Metodologia usada na obtenção de respostas	21
3.4 Elaboração do segundo inquérito	22

3.4.1	Pontos abordados	22
4	Análise de Resultados	23
4.1	Amostra e População	23
4.2	Obtenção dos consumos energéticos	25
4.3	Relação entre SAE, Consumo Energético, Capital Social.....	25
4.3.1	Agricultura e Produção de Gelo e Gelados	26
4.3.2	Carne	27
4.3.3	Laticínios.....	27
4.3.4	Armazenagem Frigorífica	28
4.3.5	Pesca.....	29
4.4	Utilização de Energia para Frio.....	30
4.5	Capitais Sociais: Valores médios e Fator de Consumo	31
4.5.1	Análise do FCF conhecendo o consumo real do equipamento de frio	33
4.5.2	Cálculo do FCF desconhecendo o consumo real do equipamento de frio.....	33
4.6	Fluidos frigorigéneos	34
4.7	Tipo de Frio por setor de atividade e descongelação nas câmaras	35
4.8	Isolamentos	38
4.9	Instalação e Manutenção	38
4.10	Hábitos de utilização	39
4.11	Oportunidades de melhoria do ponto de vista da eficiência energética.....	41
4.12	Instalações reais	42
4.12.1	Compressores.....	42
4.12.2	Condensadores.....	45
4.12.3	Sistema de expansão	45
4.12.4	Sistema de controlo	46
4.12.5	Aproveitamentos energéticos com vista a aumento de eficiência	47
5	Conclusão	49
6	Bibliografia	51
7	Anexos	53
7.1	ANEXO A	53
7.2	ANEXO B	57
7.3	ANEXO C	59

7.4	ANEXO D	63
7.5	ANEXO E	64
7.6	ANEXO F	67
7.7	ANEXO G	68

Nomenclatura

Símbolos:

H	Entalpia [J]
h	Entalpia específica [J/kg]
\dot{m}	Caudal mássico [kg/s]
Q	Calor [J]
\dot{Q}	Potência Calorífica [W]
S	Entropia [J/K]
T	Temperatura [K]
W	Trabalho [J]
\dot{W}	Potência de Trabalho [W]

Abreviaturas:

AQS	Águas Quentes Sanitárias
COP	Coefficient of performance (coeficiente de performance)
FC	Fator de Consumo
FCF	Fator de Consumo de Frio
SAE	Setor de Atividade Económica
UCE	Unidades de Consumo Energético
UM	Unidades Monetárias

1 Introdução

O presente trabalho insere-se na área da Refrigeração Industrial e tem como objetivo caracterizar o parque nacional de refrigeração, bem como apontar potenciais melhorias à população analisada.

Neste capítulo será apresentada a empresa na qual foi desenvolvido o projeto, assim como o projeto propriamente dito.

1.1 Apresentação da SKK®

A SKK® é uma empresa especializada em soluções para Refrigeração e Climatização, nomeadamente na distribuição de componentes e na conceção de sistemas e instalações frigoríficas.

Fundada em 1998, a empresa sediada em Matosinhos possui 16 anos de experiência, que lhe permitem apoiar os seus clientes no fornecimento dos melhores equipamentos, bem como criar soluções de engenharia adaptadas às necessidades dos mesmos.

Existe, da parte da empresa, um sentido de responsabilidade para que se desenvolvam soluções com benefícios ambientais e melhores eficiências energéticas, sendo que o presente trabalho tem por base essa preocupação.

O projeto foi desenvolvido na sede (Matosinhos), onde foi possível conhecer vários componentes dos sistemas de refrigeração, bem como adquirir conhecimentos de Engenheiros especializados da área.

1.2 O Projeto na SKK®

O presente projeto surge da crescente preocupação com questões ambientais e, consequentemente, da necessidade de melhorar a eficiência energética das instalações de Refrigeração da indústria. Neste sentido, será essencial conhecer as instalações existentes a nível nacional, pelo que a SKK® se esforça por ser pioneira na aquisição desta informação, bem como no conhecimento de soluções que possam melhorar a eficiência energética dos seus clientes. Deste modo, este projeto passou por procurar informação acerca das instalações de setores de atividade específicos e formular a informação recebida, para saber como se caracteriza, então, o parque de refrigeração instalado em Portugal.

1.2.1 Objetivos do trabalho

Pretende-se, com este trabalho, documentar a informação recolhida sobre instalações de refrigeração a nível nacional e dar resposta às seguintes questões: (1) Como se caracteriza o parque nacional de refrigeração? (2) Que padrões existem? (3) Quais as falhas/problemas mais evidentes e como os corrigir?

1.3 Metodologia do trabalho

Na conceção do presente projeto, tiveram-se em conta as seguintes etapas na metodologia de trabalho:

- Estudo de instalações e principais componentes de refrigeração e elaboração de inquéritos;
- Visita a algumas instalações de forma a conhecer os processos e equipamentos instalados;
- Recolha, análise e tratamento da informação reunida;

1.4 Temas abordados e organização na presente Dissertação

Ao longo da presente dissertação serão abordados os seguintes temas:

- Estado da arte sobre a refrigeração actual;
- Caracterização do problema e recolha de informação;
- Análise de resultados e caracterização do parque nacional de refrigeração;
- Conclusão e trabalhos futuros.

2 Estado da Arte

Neste capítulo serão abordados vários temas cuja compreensão foi importante para o desenvolvimento deste projeto. Assim, esta secção está dividida em cinco subcapítulos: conceitos termodinâmicos, conceitos de refrigeração, estado atual do frio industrial, caracterizações e auditorias e, por fim, recolha de informação.

2.1 Conceitos Termodinâmicos

Termodinâmica é a ciência que trata a energia e as suas interações com a massa [1]. Tendo por base o princípio da conservação da energia, rege-se por quatro leis fundamentais, das quais serão enunciadas três.

A Lei Zero da Termodinâmica estipula que dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro estão em equilíbrio térmico entre si [1].

A Primeira Lei da Termodinâmica diz que sempre que um sistema percorrer um ciclo termodinâmico, o balanço do calor trocado é igual ao balanço do trabalho feito pelo sistema. Esta lei tem por base o princípio da conservação de energia. Assim [1]:

$$\oint dQ = \oint dW \quad (1)$$

Existem vários enunciados que descrevem a Segunda Lei da Termodinâmica, pelo que, segundo o enunciado de Clausius: “É impossível que um sistema opere de tal forma que o único resultado seja a transferência de calor de um corpo a temperatura menor, para um corpo a temperatura maior”[2].

2.2 Conceitos de Refrigeração

Nesta secção serão apresentados alguns conceitos de refrigeração, desde uma breve história introdutória, a informações sobre a cadeia de frio e ao funcionamento dos ciclos frigoríficos de Carnot e a Vapor.

2.2.1 Breve História do Frio e Objetivos da Refrigeração

A produção de frio, apesar da sua atual importância, é algo relativamente recente quando comparada, por exemplo, à produção de calor. A necessidade de conservar produtos perecíveis em condições controladas foi um dos fatores impulsionadores para o crescimento da refrigeração.

A origem da refrigeração artificial data de 1755, quando o escocês William Cullen conseguiu congelar água, por evaporação, num reservatório fechado. Desde então que foi dado grande ênfase ao desenvolvimento do frio artificial [3].

A refrigeração propriamente dita, utilizando por base conceitos termodinâmicos, remonta há cerca de 150 anos (meados do século XIX). Antes deste tipo de sistemas, recorria-se a técnicas de recolha e transporte de gelo em blocos, pelo que ambos os sistemas competiram entre 1850 e 1920, numa altura em que as empresas responsáveis pela recolha e transporte de gelo argumentavam que a sua tecnologia era suscetível de menos erros e falhas, quando comparadas com os sistemas de produção de frio mecânicos [4]. Apesar disso, os métodos de recolha e transporte de gelo ofereciam alguns inconvenientes, desde o facto de se depender da natureza e do local, como também pelo motivo de a água congelada poder estar poluída.

Com o aparecimento de refrigerantes de Clorofluorcarbonetos (CFC) e Hidroclorofluorcarbonetos (HCFC), na década de 1930, o ciclo de compressão a vapor começou a representar a maior quota na indústria alimentar, distribuição e retalho, em relação a outras tecnologias. No entanto, a partir dos anos 80 as questões ambientais ganharam grande relevo, pelo que estes refrigerantes foram banidos, dando origem aos Hidrofluorcarbonetos (HFC), os quais, apesar de tudo, também tinham um alto potencial de aquecimento global. Os refrigerantes R134a, R407C, R410A e R404A são alguns exemplos de HFCs. Apesar de não serem proibidos, foram criadas normas e regulamentações para o seu uso na União Europeia [5].

O objetivo da refrigeração artificial passa por produzir e manter um corpo ou espaço a uma temperatura inferior à do meio ambiente. Isto é possível retirando calor do espaço a refrigerar, normalmente utilizando um fluido frigorigéneo a uma temperatura inferior à do espaço, de forma a promover a transferência de calor para o fluido. No entanto, para isto é necessário fornecer energia do exterior, de acordo com o enunciado de Clausius da 2ª Lei da Termodinâmica [6].

Existem muitos fatores importantes a ter em conta nos espaços a refrigerar, entre os quais [3]:

- Temperatura e humidade relativa – Deve adequar-se à finalidade do espaço;
- Renovação do ar – No caso de produtos de origem vegetal, é importante o cuidado com os níveis de CO₂ e com o Calor libertado pelos mesmos. Por outro lado,

existem também produtos suscetíveis de criar cheiros, pelo que o ar deve ser renovado no sentido de eliminar os odores;

- Disposição dos produtos – Devem ser dispostos no sentido de facilitar a circulação do ar [7];

2.2.2 Cadeia de Frio

A cadeia de frio crucial em vários setores da indústria. Esta é definida pelo conjunto de processos e infra estruturas frigoríficas responsáveis por conservar os produtos desde a sua produção até ao consumo [3].

Os setores industriais de produtos perecíveis dependem grandemente das cadeias de frio, na medida em que os produtos não são consumidos imediatamente após colheita ou abate, pelo que necessitam de ser transformados e armazenados sob condições muito específicas, para manter a qualidade durante o período de tempo necessário até chegar ao consumidor [3].



Figura 1 - Gráfico representativo da Cadeia de Frio (Adaptado de [3])

Nas secções de Produção e Tratamento, os sistemas de refrigeração são, nos setores analisados neste estudo, caracterizados por espaços amplos climatizados. No armazenamento frigorífico as instalações de frio são Câmaras Frigoríficas de Refrigeração (temperatura superior a 0°C) e de Congelação/Congelados (temperatura inferior a 0°C).

É importante notar que o Transporte e o Retalho são duas fases da cadeia de frio que também dependem de sistemas frigoríficos. Porém, para efeitos deste estudo apenas será analisado o setor industrial, sendo que apenas se abrangem as áreas de Produção, Tratamento e Armazenamento Frigorífico.

2.2.3 Máquina Frigorífica de Carnot

O Teorema de Carnot afirma que nenhuma máquina será mais eficiente do que uma máquina reversível, a operar entre duas temperaturas [1]. As Figuras 2 e 3 representam

esquemáticamente o ciclo de Refrigeração de Carnot e um diagrama T-s da evolução do fluido frigorigéneo ao longo do ciclo, respetivamente:

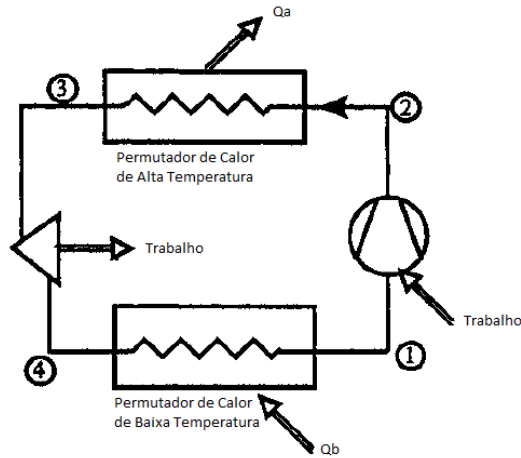


Figura 2 - Máquina Frigorífica de Carnot. Adaptado de [8].

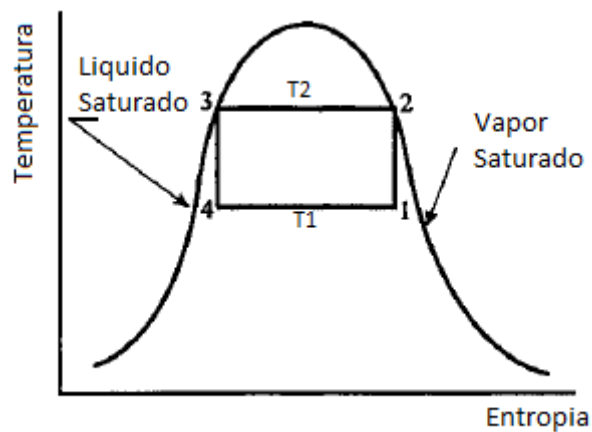


Figura 3 - Diagrama T-s do Ciclo Frigorífico de Carnot. Adaptado de [8]

Analisado os pontos da instalação e do diagrama T-s, os processos deste ciclo são os seguintes [8]:

- 1-2: Compressão adiabática do fluido frigorigéneo;
- 2-3: Rejeição isotérmica de Calor para a fonte quente;
- 3-4: Expansão adiabática do fluido frigorigéneo;
- 4-1: Absorção isotérmica de Calor da fonte fria.

A eficiência de uma máquina frigorífica (COP) de Carnot é a razão entre a potência calorífica retirada à fonte fria, \dot{Q}_b , e a potência líquida, \dot{W} [8]:

$$COP = \frac{\dot{Q}_b}{\dot{W}} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} > 1 \quad (2)$$

Apesar de ser o ciclo que apresenta maior eficiência, existem razões que impossibilitam a sua implementação [1]:

- Dificuldade em efetuar a compressão a vapor húmido isentropicamente exatamente até ao ponto de vapor saturado (processo 2-1);
- Dificuldade em efetuar a expansão na turbina de um fluido com das fases (processo 4-3);
- Todos os processos deste ciclo são considerados reversíveis, o que em termos práticos é uma impossibilidade.

2.2.4 Ciclo de Compressão a Vapor

Dadas as impossibilidades de implementação da Máquina Frigorífica de Carnot, será necessário analisar um ciclo convencional. Este ciclo será o Ciclo de Compressão a Vapor, cuja representação esquemática e a representação no diagrama P-h, se apresentam respetivamente nas Figuras 4 e 5:

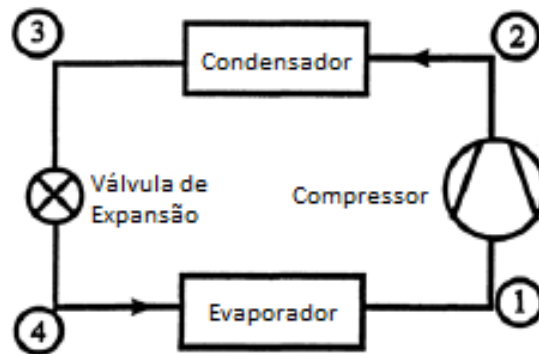


Figura 4 - Ciclo Frigorífico de Compressão a Vapor. Adaptado de [8].

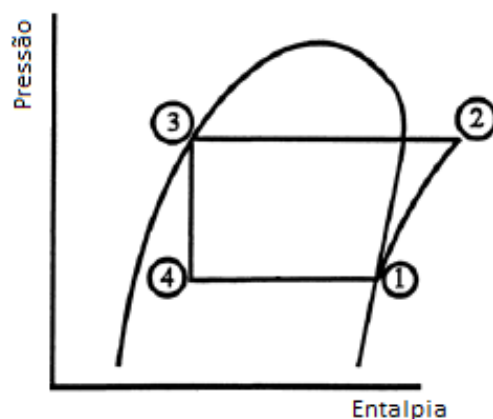


Figura 5 - Diagrama P-h do Ciclo Frigorífico de Compressão a Vapor. Adaptado de [8].

Das figuras anteriores, é possível tirar as seguintes conclusões relativamente aos processos do ciclo [8]:

- 1-2: Compressão isentrópica do fluido frigorigéneo;
- 2-3: Rejeição isobárica de Calor para a fonte quente;
- 3-4: Expansão isentálpica do fluido frigorigéneo;
- 4-1: Absorção isobárica de Calor da fonte fria.

Neste caso, o COP será calculado recorrendo à sua definição:

$$COP = \frac{\dot{Q}_b}{\dot{W}_C} = \frac{\dot{m} * (h_1 - h_4)}{\dot{m} * (h_2 - h_1)} > 1 \quad (3)$$

2.2.5 Principais componentes dos sistemas de refrigeração

Nesta secção serão abordados os principais componentes de refrigeração: evaporadores, condensadores, compressores e sistemas de expansão.

Dada a complexidade das instalações frigoríficas, existem ainda outros equipamentos essenciais ao bom funcionamento de uma instalação frigorífica. Assim, serão ainda referidos alguns equipamentos que são também importantes nas instalações industriais.

2.2.5.1 Evaporadores

O evaporador é o componente onde o refrigerante evapora, retirando calor ao espaço ou substância a arrefecer [6].

A Figura 6 mostra, esquematicamente, o papel do evaporador na instalação:

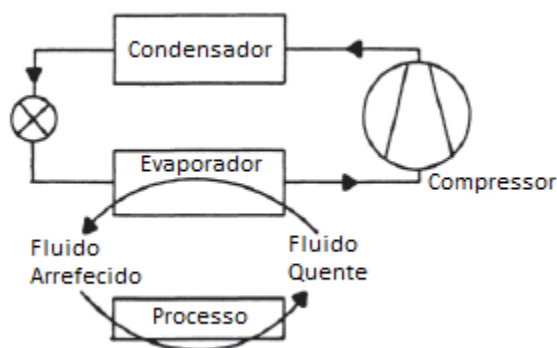


Figura 6 - Representação esquemática do papel do evaporador numa instalação. Adaptado de [8].

Sendo que no evaporador passa um fluido a baixas temperaturas, existe a necessidade de efetuar descongelamento do evaporador, pois o gelo que se pode formar no exterior do mesmo é um isolador térmico. Neste sentido, existem várias tecnologias de descongelamento: ar, elétrico (com resistência), a água ou com gás quente. Os métodos de gás quente e de resistência são os mais utilizados em câmaras de temperaturas negativas, enquanto os métodos a ar e água são os mais utilizados para temperaturas positivas [9].

2.2.5.2 Condensadores

Existem três principais tipos de condensadores [8]:

- Arrefecido a ar
- Arrefecido a água
- Evaporativos

O objetivo do condensador passa por rejeitar calor para o exterior. O exterior pode ser o ar ambiente, água ou a torre de arrefecimento [8]. A Figura 7 representa os três tipos de condensadores mencionados.

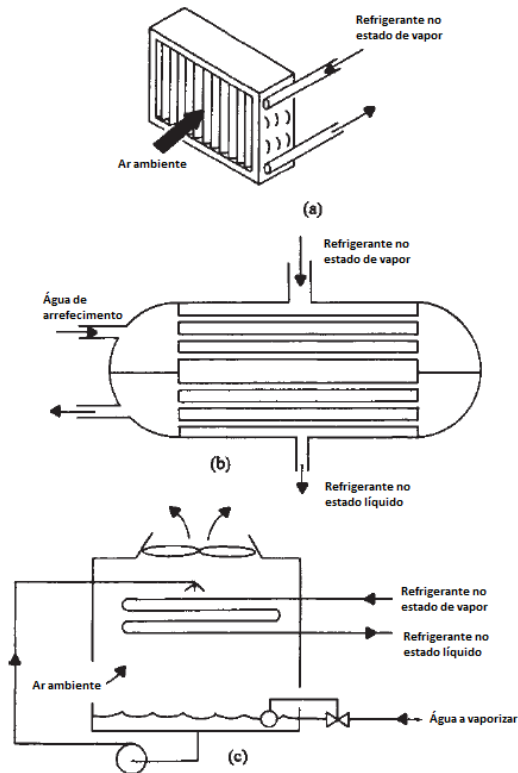


Figura 7 - Exemplos dos três tipos de condensadores mencionados. (a) arrefecido a ar; (b) arrefecido a água; (c) evaporativo. Adaptado de [8].

2.2.5.3 Compressores

Existem principalmente quatro tipos de compressores: parafuso, alternativos, centrífugos e de palhetas. Os dois últimos são utilizados em estágios de compressão baixos e cada vez são instalados menos. No caso das indústrias estudadas, o mais comum tipo de compressores são os de parafuso e os alternativos [8].

Além da classificação relacionada com o tipo de funcionamento, podem ainda ser divididos no tipo de construção: herméticos, semi-herméticos ou abertos [8].

O papel dos compressores é elevar a pressão do fluido de trabalho desde a pressão de evaporação (ponto 1 na figura 5) até à pressão de condensação (ponto 2 da figura 5) com o conseqüente aumento da sua temperatura.

2.2.5.4 Sistema de Expansão

Antes de voltar ao evaporador, a pressão do fluido de trabalho será reduzida para a pressão de evaporação, de modo a garantir que o fluido frigorigéneo se encontra a uma temperatura que permita retirar calor ao espaço a refrigerar (ponto 3 até ao ponto 4 da figura 5).

2.2.5.5 Outros componentes

A nível industrial, as instalações são mais complexas, pelo que há outros componentes a ter em conta, para que a eficiência e durabilidade das instalações seja maximizada, como por exemplo:

- Sistemas de Controlo e Monitorização – Importantes pois tornam as instalações mais eficientes, na medida em que podem controlar vários componentes e estabelecer condições de funcionamento de acordo com as necessidades da instalação;
- Pressostato – Protege o compressor caso a pressão de evaporação ou de condensação desçam ou subam demasiado, respetivamente, limitando a pressão mínima de evaporação e a pressão máxima de condensação;
- Separador de Óleo – Protege o compressor contra a falta de óleo, pelo que separa o óleo presente à saída do compressor e fá-lo regressar ao mesmo. Além disto, protege a instalação contra perdas de eficiência na medida em que evita acumulação de óleo em locais inadequados;
- Filtro Secador – Usado para remover partículas estranhas ao sistema (água, óxidos de metal e sujidade);
- Reguladores de Pressão – Controlam a pressão do sistema para que este funcione de forma mais eficiente. Podem estar situados ao nível do condensador e do evaporador;

É importante notar que, sendo o compressor uma peça muito cara na instalação, existem medidas a tomar para reduzir o risco de danificação do mesmo, daí a importância de componentes como o pressostato e o separador de óleo.

2.3 Estado atual do frio industrial

Em Portugal, cerca de um terço do consumo total de energia primária deve-se à indústria e, dado o crescente preço da energia e crescente necessidade em atentar às questões ambientais, torna-se extremamente importante melhorar a eficiência energética das instalações [7]. A melhoria da eficiência energética passará, então, por melhorar as

tecnologias já existentes e instaladas (*refetrofitting*) e por procurar encontrar novas tecnologias.

Sendo que o presente trabalho se insere no âmbito dos consumos energéticos na indústria, por parte dos setores de refrigeração, importante será referir que em alguns casos os seus consumos podem chegar a 90 % dos consumos totais das indústrias, principalmente no que toca às indústrias alimentar e química [7].

Analisaram-se os setores da indústria responsáveis pela produção, tratamento e transformação de produtos perecíveis, nomeadamente da indústria da alimentação. Nestes casos, as instalações necessitam, normalmente, de processos de refrigeração e congelação, para atrasar processos físicos e microbiológicos que causem a deterioração dos alimentos.

2.3.1 Armazéns e Armazenagem

Os grandes armazéns são, normalmente, projetados à medida das necessidades, sendo que deve existir especial atenção para a constituição das paredes, teto e chão e relativamente ao sistema de refrigeração, para garantir que, em todo o conjunto, se garantem as condições definidas para o interior a tratar, a nível de temperatura, humidade e renovações de ar [9].

O dimensionamento da instalação envolve o estudo dos condensadores, compressores, evaporadores, potência requerida e sistemas de controlo [9].

Relativamente a este dimensionamento, será importante referir que o isolamento conveniente das superfícies envolventes será muito importante para que a instalação trabalhe dentro das condições definidas, da forma mais eficiente. A qualidade do isolamento terá que ser tanto maior, quanto mais baixa for a temperatura no interior das câmaras. No caso de câmaras com temperaturas negativas é comum utilizar-se uma construção de painel *sandwich* de poliuretano expandido com espessuras entre 0,13 e 0,15 metros. No caso de instalações com câmaras de temperaturas negativas e positivas, é comum utilizar-se o mesmo isolamento das câmaras de congelação para as câmaras de refrigeração. No entanto, em instalações de temperaturas positivas, é necessário menos isolamento, pelo que as paredes são normalmente construídas em painel *sandwich* de poliuretano expandido ou *sandwich* de cimento de 0,1 a 0,13 metros [9]. Nos casos de temperaturas negativas, terá que ser dada especial atenção ao isolamento do solo, na medida em que, por exemplo, se houver água no subsolo, o seu congelamento provocará a sua dilatação e, conseqüentemente, a danificação das fundações do armazém. Assim, no caso de temperaturas positivas é comum utilizar-se cimento sem isolamento, e no caso de temperaturas negativas, podem ser utilizadas tubagens com glicol cobertas com 0,1 metros de estireno rígido e com 0,15 m de cimento reforçado [9].

2.4 Caracterizações Nacionais e Auditorias

Nesta secção serão apresentadas algumas das metodologias utilizadas num estudo de auditoria energética. Dado que o procedimento inicial de uma auditoria passa pelo levantamento de informação técnica sobre uma determinada instalação a analisar, foi estudada a metodologia utilizada em auditorias como ponto de referência para efetuar esta caracterização nacional. Claro está que um estudo de auditoria é mais específico, pois se prende pela análise de instalações específicas, e o estudo realizado no contexto deste trabalho se trata de uma análise *macro* às instalações nacionais.

2.4.1 Metodologia de uma Auditoria

Existem vários tipos de estudo de auditoria, sendo que a abordagem que mais se assemelha a este estudo é a auditoria *walkthrough*. Esta está dividida em várias fases, as quais são resumidas na Figura 8. É importante notar que apenas as fases dentro do retângulo foram tidas em conta neste trabalho, pois apesar de terem sido também efetuadas algumas visitas às instalações, não foram efetuadas medições nem propostas medidas de poupança energética.

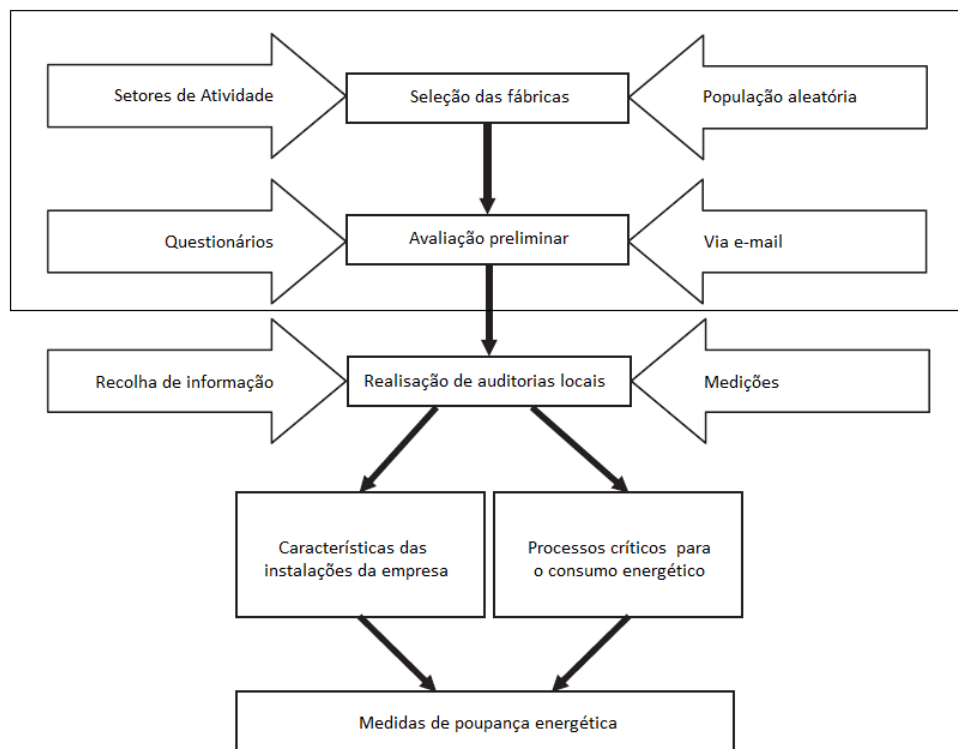


Figura 8 - Fases de uma auditoria do tipo *walkthrough*. Adaptado de [10].

Tendo em conta a figura 8, foram escolhidos os setores de atividade alvo de estudo, que se poderão agrupar em subsetores para tornar a análise mais compreensível. Poderá ser usada a Classificação Portuguesa de Atividades Económicas para a escolha dos setores de atividade, e o agrupamento dos subsetores pode ser efetuado tendo em conta características e processos semelhantes [10].

Depois de escolhidos os setores de atividade, devem ser escolhidas as fábricas que serão alvo de análise e proceder à recolha de informação. Esta recolha de informação deverá ser efetuada, numa primeira fase, através de inquéritos enviados via correio eletrónico e, posteriormente, através de auditorias locais utilizando equipamentos de medição e monitorização [10].

Os questionários em causa deverão incidir sobre potência contratada, consumo energético, número de equipamentos e tipo de consumo energético, potência instalada, fator de carga, idade, número de horas de funcionamento e tipo de processos nos quais o equipamento é utilizado, bem como o tipo de sistemas frigoríficos usados. Será importante também a inclusão de informação sobre a manutenção e revisão dos equipamentos, bem como questões específicas para ajudar com a estimativa das potencialidades de poupança energética para cada tipo de máquina, como por exemplo, as condições e horas de funcionamento [10].

Após recolhida a informação preliminar, será então importante efetuar uma auditoria local, de acordo com o tipo de respostas obtidas [10].

2.4.2 Métodos de Aumento de Eficiência

O desenvolvimento industrial por todo o mundo resulta numa maior utilização de energia, o que por sua vez resulta numa maior concentração de gases de efeito de estufa, como por exemplo dióxido de carbono (CO_2), e em emissões de outros gases, como o dióxido sulfúrico (SO_2), óxido de nitrogénio (NO_x) e monóxido de carbono (CO), os quais têm graves consequências no clima. Assim, se se conseguir aumentar a eficiência energética, será possível satisfazer as mesmas necessidades com menos consumos, reduzindo as emissões. Na indústria, abordaram-se os problemas de altos consumos através do método de *refitting* (melhoramento de equipamentos já instalados) ou através de investimentos com o menor tempo de *payback* possível [11].

A eficiência energética pode ser melhorada através de três métodos [11]:

- Gestão de energia;
- Novas tecnologias;
- Políticas/regulamentações.

Apesar de que o mencionado anteriormente se aplica à indústria geral, a refrigeração, especificamente, é uma área onde se podem fazer grandes reduções das emissões com relativa facilidade, usando equipamento mais eficiente e efetuando as manutenções necessárias. Reparar as vedações das portas, limpar condensadores e evaporadores são alguns dos exemplos de manutenção que aumentam a eficiência de uma instalação. Em instalações de larga escala, já foi demonstrado que o consumo energético pode ser reduzido se a proteção das portas for melhorada, se a descongelação for otimizada e se os equipamentos de permutação de calor e de aumento de pressão de líquido forem reajustados. Além disto, é importante referir que a eficiência do isolamento dos painéis isolantes pode diminuir entre 5 a 12% por ano [12].

Além da manutenção, um melhor dimensionamento e projeção da instalação contribuem para uma maior eficiência, como por exemplo: melhor isolamento da envolvente do chão, paredes e teto; uso de transportadores de entrada e saída com comportas, em vez de portas (quando possível); correto dimensionamento dos compressores e do refrigerante; seleção apropriada dos componentes do sistema de refrigeração; utilização de variadores de frequência nos compressores; controlo da velocidade dos ventiladores (quer por variadores de velocidade ou por Motores de Comutação Eletrónica – EMC); válvulas de expansão eletrónica; dimensionamento correto das tubagens e respetivo isolamento; efetuar a descongelação dos evaporadores por gás quente, em vez de resistência; uso de sistemas de controlo, monitorização e processamento de informação [12].

Tendo em conta que existe um vasto leque de oportunidades para melhorar a eficiência das instalações, será importante conhecer como se distribuem os consumos energéticos nas instalações de frio e quais as contribuições de certas medidas para a melhoria da eficiência. Assim, de acordo com um estudo efetuado pela Pacific Gas and Electric Company (2007), a distribuição dos consumos energéticos em armazéns de frio segue o padrão demonstrado na Figura 9 [9]:

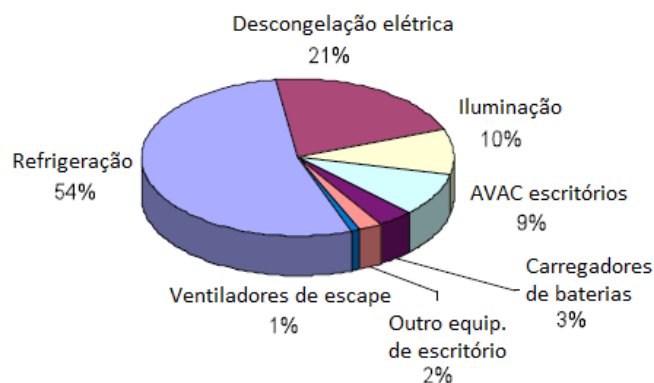


Figura 9 - Distribuição dos consumos elétricos de um Armazém com Refrigeração. Adaptado de [9]. [Fonte: National Grid. "Demand Response Programs, Shared Demand Response Sample Audit" 2004].

Analisando a figura 9, é possível verificar que a refrigeração, aliada à descongelação, ocupam mais de 70% do consumo energético de eletricidade.

O estudo efetuado pela PG&E concluiu que, aplicando certas medidas no sentido de aumentar a eficiência dos evaporadores, compressores, condensadores e câmara frigorífica, os evaporadores contribuiriam com mais de metade da poupança energética, como se pode ver na Figura 10 [9]:

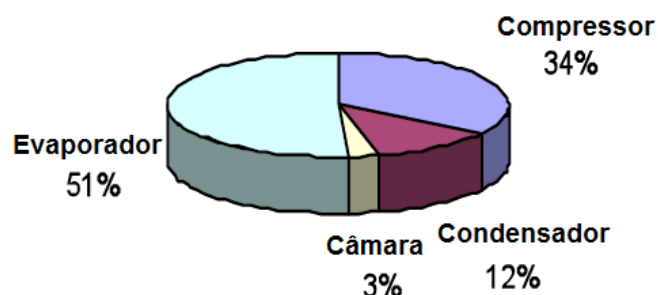


Figura 10 – Peso relativo em termos de poupança energética das medidas de aumento de eficiência dos equipamentos. Adaptado de [9].

Se, para além da escolha apropriada destes equipamentos e da atenção às tecnologias que os tornam mais eficientes, for também instalado um sistema de controlo com capacidade de se ajustar às necessidades da instalação, as oportunidades de reduzir os consumos serão ainda maiores [9].

Analisando mais propriamente o setor da alimentação (visto que foi um dos setores mais analisados neste estudo), estudos demonstram que o consumo de energia térmica é usado principalmente no tratamento e na limpeza dos produtos, enquanto a energia elétrica está associada aos equipamentos de frio. Assim, analisando as potencialidades de diminuição do consumo elétrico associado aos equipamentos de frio, apenas aplicando variadores de frequência nos compressores e otimizando os sistemas de controlo da instalação, os consumos podem ter reduções de aproximadamente 20 %, como se pode ver na Figura 11 [10]:

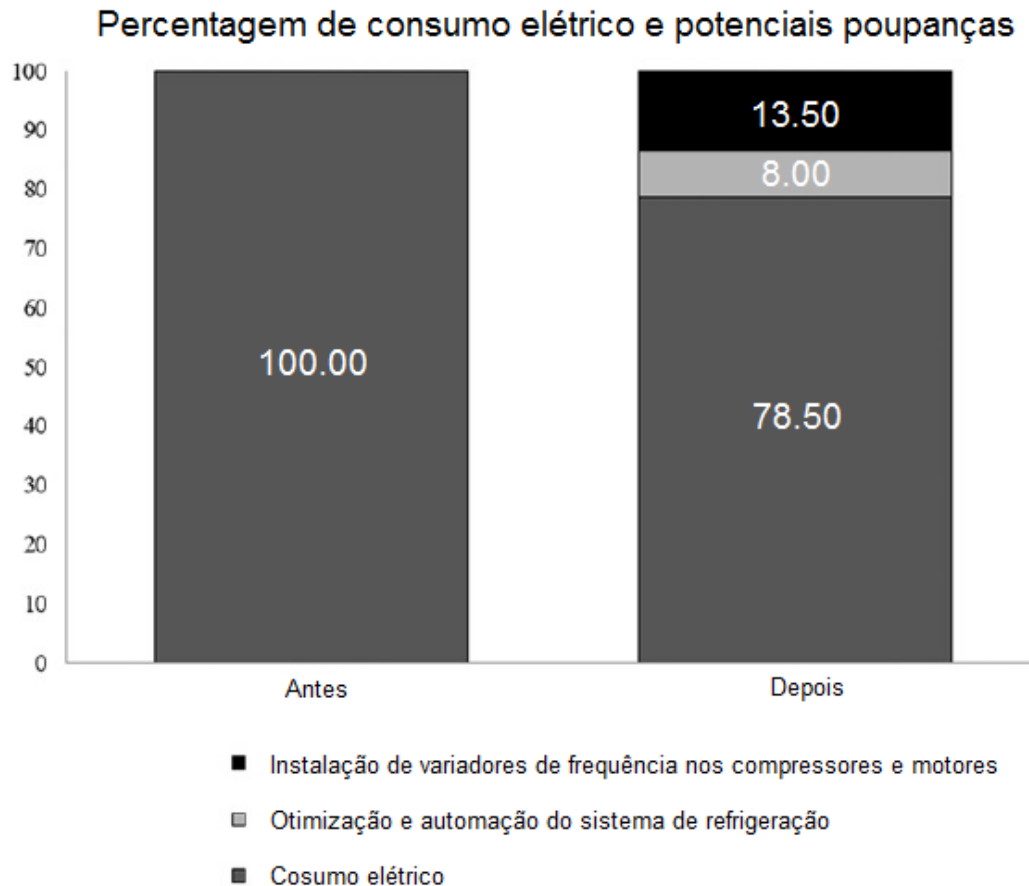


Figura 11 - Percentagem de consumo elétrico e potenciais poupanças para o setor de atividade de alimentação.

Inicialmente, o consumo energético era 100% (à esquerda), passando a ser de 78.5 % do valor inicial (à direita).

Adaptado de [10].

As poupanças energéticas apresentadas na figura 11 resultam de valores médios, pelo que a instalação de variadores de frequência nos compressores e motores podem estar associados a poupanças entre 2 e 25 %, e a otimização e automatização do sistema de refrigeração pode estar associado a melhorias de 1 a 15 %, pelo que as poupanças totais poderão ser, para este setor de atividade, entre 3 a 40 %, nos casos de estudo analisados em [10].

2.5 Angariação de dados

A angariação de dados pode ser feita através de vários métodos, pelo que, para o caso em questão, a recolha de informação foi efetuada através de inquéritos. As vantagens deste tipo de recolha de informação passam por:

- Ser único: pode angariar-se informação não disponível de outras fontes;
- Amostragem probabilística: representação imparcial da população;
- Medição padrão: informação recolhida igualmente de cada elemento da população.

Existem vários modos de administração dos inquéritos: pessoalmente, por telefone, via correio eletrónico, via WEB, ou uma combinação dos métodos anteriores. Para escolher o método, será importante ter em conta fatores como a população, características da amostra, tipo de questões, tópico, taxa de respostas, custo e tempo.

3 Apresentação do Problema

Existe, nos dias que correm, uma enorme preocupação com as questões ambientais. Como é sabido, o consumo energético e a forma como a energia é utilizada são muito importantes, numa altura em que o impacto ambiental deve ser minimizado.

Como já foi referido, em Portugal, a indústria é responsável por cerca de um terço do consumo total de energia primária, pelo que se torna extremamente importante conhecer as instalações instaladas a nível nacional [7].

Este estudo foca-se, então, na análise dos setores industriais que possuem refrigeração, pois são um grande consumidor de energia e representam uma área em que podem existir oportunidades para melhoria, dada a antiguidade de algumas das instalações.

Assim, para se conhecer o problema em concreto, será importante começar por conhecer como são constituídas as instalações de refrigeração. Ao longo deste capítulo serão abordadas as metodologias da recolha de informação e os Setores de Atividade Económica (SAE) que foram alvo de estudo, bem como os principais pontos focados na abordagem às empresas.

3.1 Escolha dos Setores de Atividade

Numa primeira fase foram escolhidos os SAE que seriam alvos de estudo. Neste caso, apenas se consideraram setores que pudessem possuir instalações industriais de refrigeração. Foram excluídos setores de retalho, pelo facto de as instalações serem bastante diferentes.

Depois de escolhidos os SAE, pediu-se à *eInforma* (marca licenciada pela *INFORMA D&B*, líder no mercado de informação para negócios [13]) uma base de dados com os contactos de correio eletrónico das empresas. Os setores de atividade escolhidos e o número de empresas presentes na base de dados a apresentam-se na Tabela 1:

Tabela 1 - Setores de Atividade Económica alvo de estudo

Setor de Atividade Económica	Nº de Empresas
Abate de aves (produção de carne)	25
Abate de gado (produção de carne)	67
Armazenagem frigorífica	15
Congelação de frutos e de produtos hortícolas	8
Congelação de produtos da pesca e da aquicultura	13
Fabricação de gelados e sorvetes	14
Fabricação de produtos à base de carne	137
Fabricação de sumos de frutos e de produtos hortícolas	6
Indústrias do leite e derivados	99
Preparação de produtos da pesca e da aquicultura	25
Preparação e conservação de batatas	9
Produção de gelo	4
Produção e distribuição de vapor, água quente e fria e ar frio por conduta	2
Salga, secagem e outras atividades de transformação de produtos da pesca e aquicultura	34
Total	458

3.2 Ferramentas usadas para realização dos inquéritos

Como referido no capítulo 2.5, existem várias metodologias para recolha de informação. No presente estudo, optou-se por realizar inquéritos online, distribuídos por meio de correio eletrónico.

A plataforma utilizada foi a disponibilizada pelo *website SurveyGizmo*, pois revelou-se uma ferramenta simples, prática e acessível.

3.3 Elaboração do primeiro inquérito

Nesta secção será apresentada a metodologia utilizada na elaboração e recolha de informação do primeiro inquérito.

3.3.1 Estudo de componentes de instalações

Para a realização do primeiro inquérito, foi efetuado um estudo sobre os componentes de uma instalação real. Utilizou-se a plataforma *online* de aprendizagem disponibilizada pela *Danfoss*[®], a qual tem um portfólio de aulas e testes sobre vários temas da refrigeração industrial, nomeadamente sobre componentes [14].

3.3.2 Pontos abordados

O primeiro inquérito tinha como objetivo ser breve, pouco técnico, e abordar pontos relevantes e simples (Anexo A). Assim, este estava estruturado com o seguinte tipo de questões:

- Informação sobre consumos e potência instalada;
- Informação sobre tipo de frio (temperaturas negativas ou positivas), dimensões e idade da instalação;
- Informação um pouco técnica sobre o fluido frigorigéneo, os isolamentos e a descongelação;
- Informação sobre a manutenção e utilização das câmaras.

A informação sobre os consumos é de extrema importância, pois, aliada às questões de dimensões das câmaras, permite inferir sobre o tamanho da instalação. Além disto, a questão sobre a idade é também importante para conhecer de que forma a instalação será atual do ponto de vista tecnológico.

Por fim, foram também realizadas questões sobre manutenção e utilização pois será importante conhecer os hábitos de utilização das câmaras, bem como o nível de especialização da própria empresa no equipamento que tem instalado.

Apresenta-se ainda no Anexo B uma resposta exemplo de uma empresa.

3.3.3 Metodologia usada na obtenção de respostas

O contacto às empresas foi efetuado em várias fases. Inicialmente foi escolhida uma população de 20 empresas, com capitais sociais entre os € 75.000 e os € 700.000 e pertencentes a diferentes setores de atividade, com o objetivo de testar a abordagem e o inquérito, no sentido de realizar os ajustes necessários. Após se obterem 25% de respostas (cinco respostas), foi enviado o inquérito para as restantes empresas existentes na base de dados.

Quatro dias após o envio dos inquéritos, passou-se a um processo de realização de chamadas, o qual se mostrou bastante mais produtivo. Foi possível estabelecer contacto direto com as pessoas responsáveis pelas instalações e, assim, aumentar o fluxo de respostas, de tal forma que foi possível obter cerca de 5 a 8 respostas por dia, ao contrário das 11 respostas que tinham sido inicialmente obtidas, num espaço de uma semana.

3.4 Elaboração do segundo inquérito

O segundo inquérito foi efetuado seguindo as metodologias do primeiro e foi direcionado às empresas que colaboraram na primeira fase do estudo. Desta vez, os pontos abordados foram mais técnicos e extensivos.

3.4.1 Pontos abordados

Nesta segunda fase, a ideia de base para a realização dos inquéritos seria a de obter informação sobre os componentes das instalações onde pudessem existir oportunidades de melhoria do ponto de vista de eficiência energética.

Assim, o segundo inquérito encontra-se estruturado da seguinte forma (Anexo C):

- Informação sobre os compressores;
- Informação sobre o sistema de condensação;
- Informação sobre o sistema de expansão;
- Informação sobre a tecnologia instalada;
- Informação sobre o sistema de controlo e monitorização;
- Informação sobre processos nos quais seria possível implementar medidas visando a melhoria da eficiência energética.

De notar que para cada um dos componentes, são pedidas as informações sobre a marca, o modelo e o ano, para se obter uma noção mais pormenorizada sobre as tecnologias utilizadas e a sua atualidade.

4 Análise de Resultados

Ao longo deste capítulo será efetuada uma macro análise ao parque instalado a nível nacional. Serão apresentados os dados estatísticos recolhidos, bem como as relações encontradas entre os diferentes pontos analisados.

Esta análise será dividida nas seguintes secções:

- Amostra escolhida e População estudada;
- Relação entre SAE, Consumo Energético e Capital Social;
- Utilização energética para o Frio;
- Capitais Sociais: Valores médios e Fator de Consumo;
- Fluidos frigorigéneos utilizados;
- Análise dos tipos de frio de cada setor e a tecnologia de descongelação utilizada;
- Isolamentos;
- Instalação e manutenção;
- Hábitos de utilização;
- Agrupamento das empresas em função das oportunidades de melhoria do ponto de vista da eficiência energética;
- Análise às respostas do segundo inquérito;

Por motivos de sigilo, os valores de capital social serão apresentados em Unidades Monetárias (UM) e os de consumo energético em Unidades de Consumo Energético (UCE).

4.1 Amostra e População

Para o tratamento da informação, os SAE apresentados na tabela 1 foram agrupados de acordo com a similaridade das suas atividades. Assim, apresentam-se na Figura 12 os agrupamentos obtidos, bem como as respostas por agrupamento:

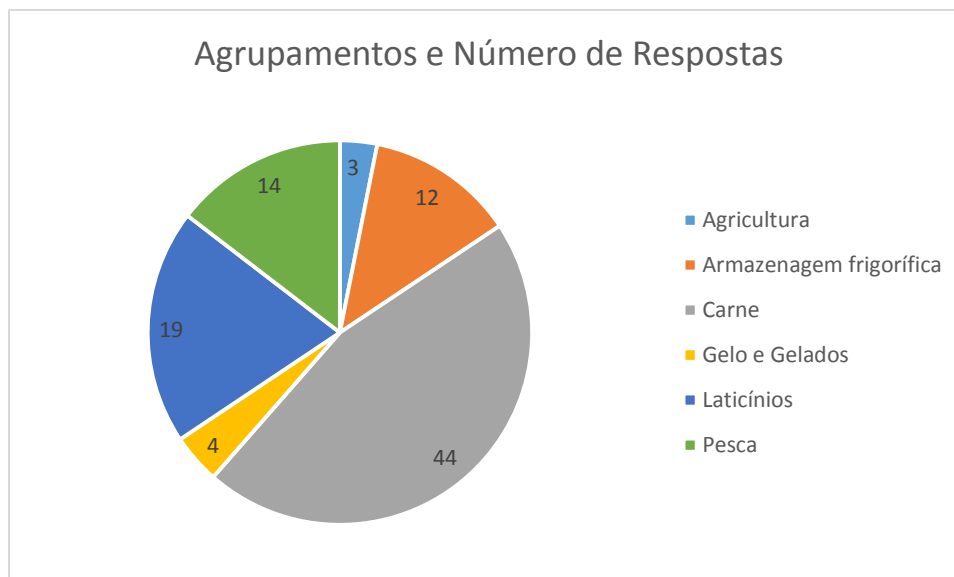


Figura 12 - Representação gráfica das respostas obtidas por agrupamento

Como é possível observar, existe uma boa amostra no que toca aos agrupamentos de Carnes, Pesca, Laticínios e Armazenagem Frigorífica.

Será importante mencionar que o agrupamento “Agricultura” não inclui o SAE “Preparação e conservação de batatas” pois nenhuma das empresas contactadas deste SAE possui setor de frio.

A amostra analisada encontra-se representada geograficamente na Figura 13:



Figura 13 - Localização das respostas em Portugal Continental

Foram ainda obtidas duas respostas não apresentadas na figura, uma na Ilha do Faial e outra em Ponta Delgada.

4.2 Obtenção dos consumos energéticos

Os consumos energéticos obtidos neste estudo foram fornecidos por cada empresa, no preenchimento do primeiro inquérito. No entanto, nem todas as empresas forneceram o consumo energético em euros, pelo que os consumos fornecidos em kWh foram convertidos para euros a partir da Equação 4:

$$\text{Consumo (€)} = \text{Consumo (kWh)} \times 0.103 \text{ (€/kWh)} \quad (4)$$

O valor de 0.103 €/kWh representa o custo médio do kWh, para Indústrias Médias, em Portugal, de acordo com o Eurostat (ver Anexo D) [15].

4.3 Relação entre SAE, Consumo Energético, Capital Social

Após obtidos os resultados, foram estudadas possíveis relações entre o capital social das empresas e o consumo energético das instalações. Esta ideia surgiu do facto de o capital social estar relacionado com o valor de bens da empresa, pelo que quanto maior o valor dos bens, maior poderão ser as instalações e, portanto, maiores poderão ser os consumos (se todas as instalações estivessem igualmente otimizadas). Assim, apresentam-se no Anexo E os vários gráficos representativos da relação entre o capital social e os consumos energéticos de várias empresas, em diferentes SAE.

Analisando as Figuras 46 a 51, é possível observar que o capital social e os consumos energéticos evoluem da mesma forma, para diferentes empresas, o que significa que o capital social poderá ser um primeiro indicativo do potencial consumo energético de uma empresa, dentro de um certo SAE. Apesar de ter sido encontrada alguma tendência para que os valores destas duas variáveis se acompanhem, será de notar que as variações não são exatamente iguais, pois diferentes instalações podem ter processos, níveis de otimização e eficiência energética diferentes. Assim, tornou-se importante obter linhas de tendência para a evolução dos consumos, em função do capital social, que se apresentam e analisam nas seguintes secções.

4.3.1 Agricultura e Produção de Gelo e Gelados

Apresentam-se nas Figuras 14 e 15 as retas de tendência aproximadas para os agrupamentos da Agricultura e da Produção de Gelo e Gelados:

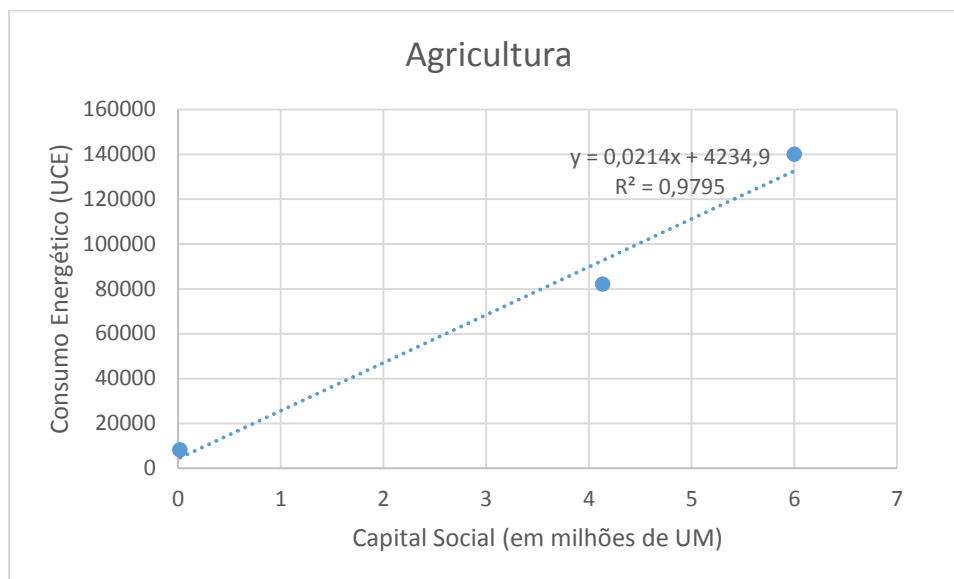


Figura 14- Relação entre Consumo Energético e Capital Social para o agrupamento da Agricultura

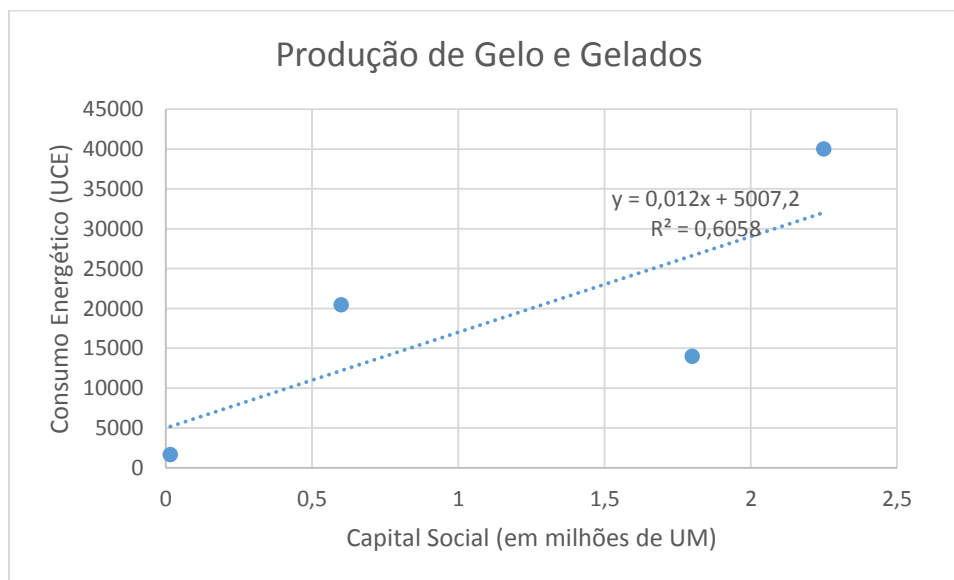


Figura 15 - Relação entre Consumo Energético e Capital Social para o agrupamento da Produção de Gelo e Gelados

Estes dois agrupamentos são apresentados juntos pois, apesar do alto coeficiente de correlação no primeiro caso, é importante notar que existem apenas três empresas nesta

população e quatro na população da Produção de Gelo e Gelados, pelo que, apesar dos bons resultados, as amostras destes dois agrupamentos são demasiado pequenas para tirar conclusões concretas.

4.3.2 Carne

Para o agrupamento da Carne, a reta de tendência é apresentada na Figura 16:

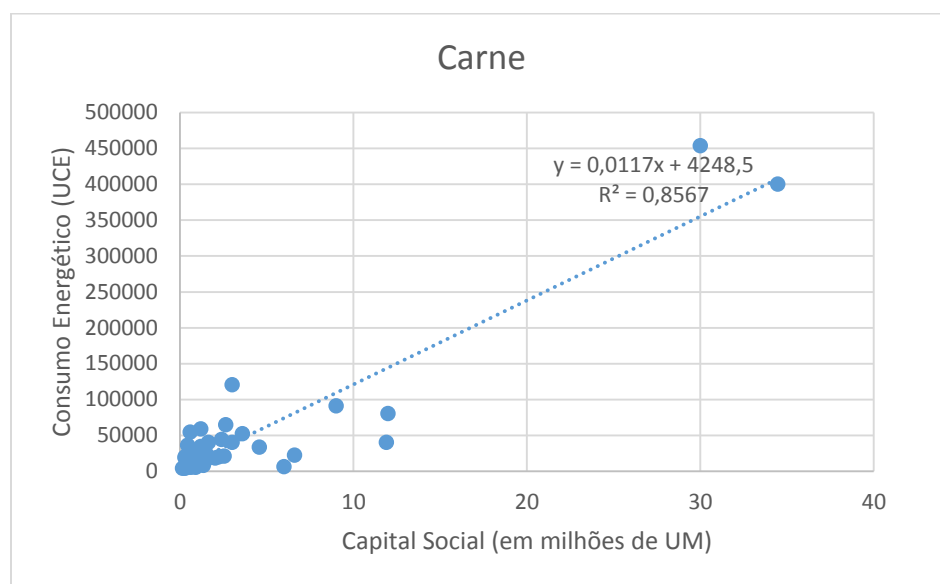


Figura 16 - Relação entre Consumo Energético e Capital Social para o agrupamento da Carne

O coeficiente de correlação obtido para este agrupamento é o quarto mais elevado, pelo que as aproximações resultantes desta análise serão bastante boas numa análise preliminar de uma instalação deste agrupamento.

4.3.3 Laticínios

Apresenta-se na Figura 17 a reta de tendência do agrupamento dos laticínios:

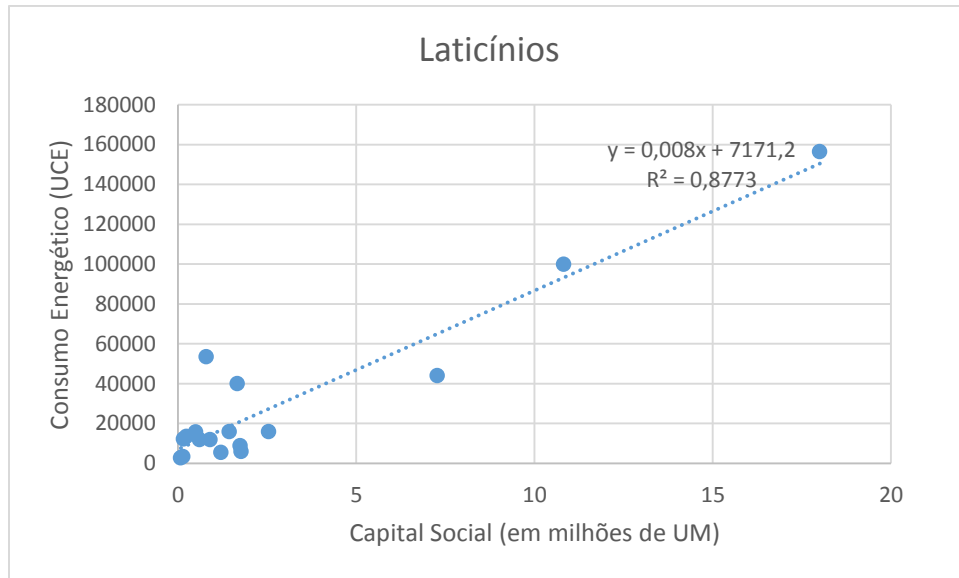


Figura 17 - Relação entre Consumo Energético e Capital Social para o agrupamento dos Laticínios

Este agrupamento apresenta um alto coeficiente de correlação (terceiro mais elevado). Apesar do alto coeficiente de correlação, é importante notar que o declive da reta é bastante menor do que o da carne, armazenagem frigorífica e da pesca, estes dois últimos apresentados seguidamente. Isto significa que a relação entre o aumento do consumo energético com o aumento do capital não é tão acentuada, como nos restantes agrupamentos referidos.

4.3.4 Armazenagem Frigorífica

O SAE da Armazenagem Frigorífica é um setor de especial análise, pois, como seria de esperar, estão associados altos consumos energéticos aos valores de capital das empresas. Além disto, a este elevado consumo energético, está associada uma grande percentagem de consumo para refrigeração e congelação (ver capítulo 4.4). Na Figura 18 apresenta-se a reta de tendência obtida para este SAE:

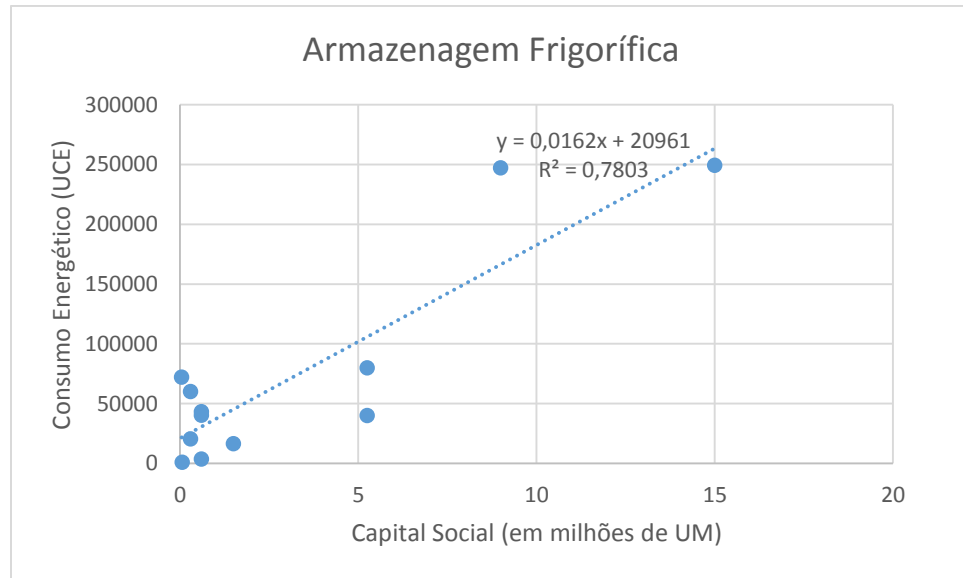


Figura 18 - Relação entre Consumo Energético e Capital Social para o SAE da Armazenagem Frigorífica

Observando o gráfico, pode notar-se que, além do elevado coeficiente de correlação, o declive da reta é mais elevado do que para qualquer um dos outros setores mencionados anteriormente. Apenas o agrupamento da pesca tem um declive mais elevado.

Este declive é um valor indicativo do aumento do consumo energético com o aumento do capital, pois, a maiores capitais, à partida estarão associadas maiores e mais complexas instalações de armazenagem, pelo que os consumos deverão aumentar grandemente. Ao contrario de outros setores de atividade, em que maior capital poderá estar associado a, por exemplo, maiores terrenos para criação de gado (agrupamento da Carne), o que não acarretará um aumento tão elevado nos consumos energéticos.

4.3.5 Pesca

Este agrupamento constituiu alguma surpresa, pois os valores obtidos para o fator de correlação e para o declive da reta de tendência estão entre os mais elevados do estudo, como se pode ver na Figura 19:

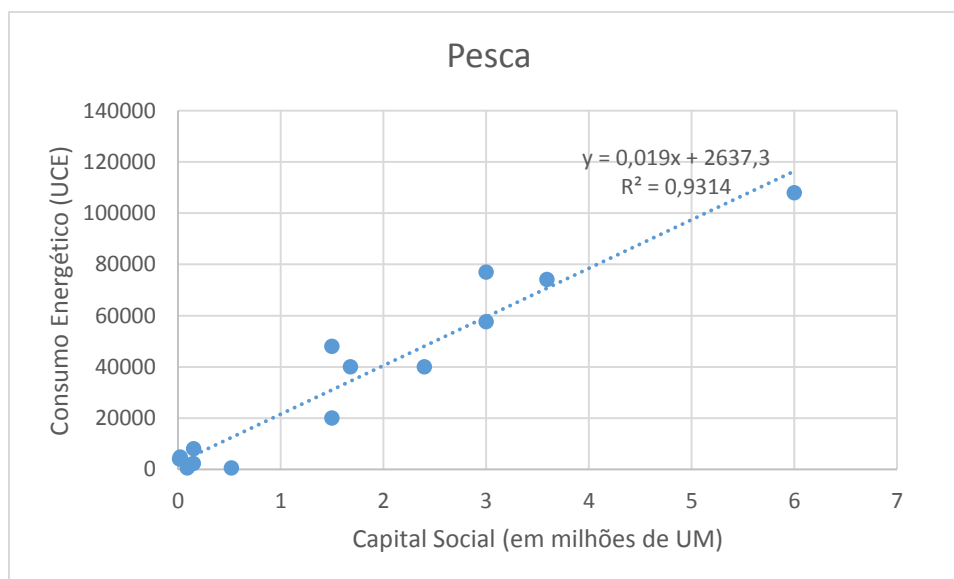


Figura 19 - Relação entre Consumo Energético e Capital Social para o SAE da Armazenagem Frigorífica

Considerando apenas os agrupamentos com mais de dez respostas (Carne, Laticínios, Armazenagem Frigorífica e Pesca), o agrupamento da Pesca é o que apresenta valores mais elevados de correlação e declive. Isto pode dever-se ao facto de, por um lado, estes setores de atividade precisarem muitas vezes de temperaturas negativas, mas também pelo facto de haver grande rotatividade do produto em causa, o que faz também aumentar as necessidades energéticas das instalações.

É ainda importante mencionar que, para efeitos deste estudo, apenas se considerou a produção de frio em instalações industriais, e não abordo de navios. Será importante fazer esta distinção, pois este setor de actividade, ao contrário dos outros, tem necessidade de produção de frio a bordo dos navios, pois o produto pescado tem que ser submetido de imediato condições ambientais bem definidas.

4.4 Utilização de Energia para Frio

Sendo que no primeiro inquérito era pedido, especificamente, o consumo dos aparelhos de frio, foram obtidos os resultados apresentados na Figura 20 relativamente à percentagem do consumo energético direcionado para a refrigeração.

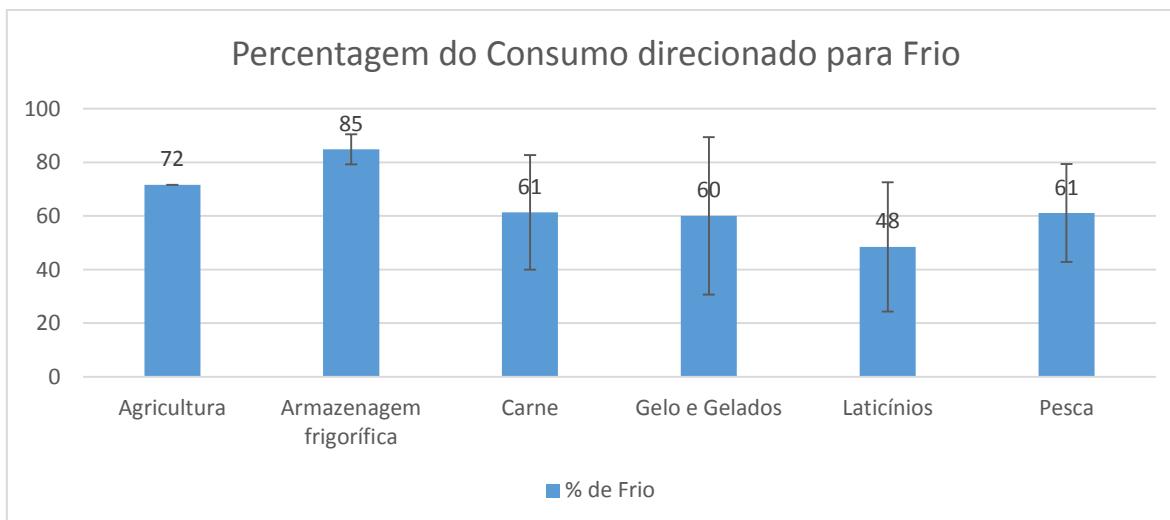


Figura 20 - Percentagem do Consumo Energético utilizado para Frio

Como seria de esperar, o agrupamento da Armazenagem Frigorífica é o que apresenta maior valor de consumo direcionado para frio, com o menor desvio padrão, pelo que os processos das empresas inquiridas serão idênticos e apresentarão índices de eficiência similares.

Os agrupamentos da Agricultura e produção de Gelo e Gelados possuem uma pequena população (uma empresa de agricultura e três de produção de gelo e gelados responderam a esta questão), pelo que os valores para estes setores são meramente indicativos.

O agrupamento da carne e da pesca apresentam valores semelhantes, o que sugere que os processos de preparação, armazenamento e conservação dos produtos sejam idênticos. No entanto, como referido na secção 4.3.5, a Pesca apresenta elevados consumos para menores capitais, comparativamente ao agrupamento da Carne. Isto é reforçado quando analisados os Fatores de Consumo de ambos os agrupamentos, assunto a ser analisado seguidamente, na secção 4.5.

4.5 Capitais Sociais: Valores médios e Fator de Consumo

Estando agora estabelecida a relação entre o capital social e o consumo energético, e conhecendo também a percentagem de energia direcionada especificamente para refrigeração, foi possível desenvolver dois fatores indicativos:

- Consumo energético da empresa em função do capital: Fator de Consumo (FC);
- Consumo energético da instalação de frio da empresa em função do capital: Fator de Consumo de Frio (FCF).

Estes fatores foram calculados para cada empresa como apresentado nas Equações 5 e 6:

$$FC_{empresa} = \frac{\text{Consumo Energético}}{\text{Capital Social}} * 100 \quad [\text{UCE/UM}] \text{ ou } [\text{€}_{\text{consumo}}/\text{€}_{\text{capital}}] \quad (5)$$

$$FCF_{empresa} = FC_{empresa} * \% \text{ de Frio do SAE} \quad [\text{UCE/UM}] \text{ ou } [\text{€}_{\text{consumo de frio}}/\text{€}_{\text{capital}}] \quad (6)$$

Obtidos os valores para as 96 empresas, foi possível fazer a média para cada agrupamento e, assim, foram calculados os fatores $FC_{\text{agrupamento}}$ e $FCF_{\text{agrupamento}}$.

Com estes valores é possível enquadrar, numa fase preliminar, os consumos energéticos de uma empresa e da sua instalação de frio dentro do seu agrupamento e do seu valor do capital. Apresentam-se na Tabela 2 os valores de capital médio, consumo médio mensal, FC e FCF para os diferentes agrupamentos:

Tabela 2 - Fatores de Consumo para os diferentes agrupamentos

Agrupamento	Capital Médio (UM)	Consumo Médio Mensal (UCE)	Fator de Consumo [UCE/UM]	Fator de Consumo de Frio [UCE/UM]
Agricultura	10154000	76671	4,92	3,55
Armazenagem frigorífica	3208750	72792	17,54	14,91
Carne	3925694	46661	2,21	1,35
Gelo e Gelados	1166258	19026	4,27	2,56
Laticínios	3184542	44969	6,17	3,03
Pesca	1687185	34633	5,28	3,22

Os agrupamentos que apresentam maiores FC são o da armazenagem frigorífica, laticínios e da pesca, pelo que, para um determinado valor de capital, apresentam um consumo energético mais elevado. É importante notar que estes valores são indicativos e que, assim sendo, poderão ser usados para tirar dois tipos de conclusão. Por um lado, dão uma ideia do consumo energético por SAE, em função do capital social, e por outro lado, permitem obter uma ideia imediata do enquadramento do consumo energético de uma determinada empresa, dentro do seu SAE.

Deste modo, uma empresa cujo valor de FC_{empresa} seja superior ao valor de $FC_{\text{agrupamento}}$, poderá estar acima daquele que é o valor médio nacional. Tendo em conta que o valor empírico resulta de instalações reais, significa que este próprio pode não corresponder aos valores ótimos de uma instalação eficiente do ponto de vista energético. No entanto, qualquer instalação cujo FC_{empresa} seja superior ao valor empírico, poderá, à partida,

representar oportunidades de investimento com fim de melhoria da eficiência energética, pois está acima de um valor que já por si não é ótimo.

Sendo que o presente estudo se foca nas instalações de refrigeração, será importante a análise do Fator de Consumo de Frio.

Dada a alta percentagem de consumo energético direcionada para a refrigeração, o agrupamento da armazenagem frigorífica continua com um elevado FCF. Por outro lado, o agrupamento dos Laticínios apresenta um FCF muito menor, pois o consumo das instalações de frio representa um peso menor no consumo total.

Deste modo, o raciocínio para a análise preliminar da *performance* de uma instalação de frio pode ser feito de forma similar ao do exemplo anterior, mas desta vez, por dois métodos distintos:

1. Conhecendo, especificamente, o consumo energético do sistema de refrigeração;
2. Não conhecendo, especificamente, o consumo energético do sistema de refrigeração.

4.5.1 Análise do FCF conhecendo o consumo real do equipamento de frio

Antes de mais, será importante mencionar que este será o método mais objetivo, pois não existe a necessidade de depender dos valores médios percentuais de consumo de frio do SAE em questão.

Numa primeira fase, será importante conhecer o capital social e o consumo energético mensal dos equipamentos de frio da empresa em questão. Seguidamente, poderá ser obtido o valor de FCF_{empresa} e comparado com o $FCF_{\text{agrupamento}}$ do agrupamento no qual a empresa se insere. Se FCF_{empresa} for maior ou igual ao $FCF_{\text{agrupamento}}$, a empresa poderá representar oportunidades de investimento no sentido de aumentar a sua eficiência energética.

4.5.2 Cálculo do FCF desconhecendo o consumo real do equipamento de frio

Este método, apesar de depender dos valores médios percentuais de consumo de frio do SAE da empresa a ser tratada, trata-se de um método cujo resultado será de mais fácil obtenção, pois a informação do consumo energético total da empresa é uma informação de mais simples obtenção. Assim, será necessário conhecer o consumo total energético mensal e o capital social da empresa em questão. Seguidamente calcular-se-á o Fator de Consumo e este será multiplicado pela percentagem do consumo associada ao agrupamento no qual a

empresa se insere. Assim será obtido o FCF_{empresa} e este poderá ser então comparado com o $FCF_{\text{agrupamento}}$.

4.6 Fluidos frigorigêneos

Ao longo do estudo, as empresas foram também questionadas relativamente ao fluido frigorigêneo utilizado nas suas instalações. Os resultados obtidos apresentam-se na Figura 21:

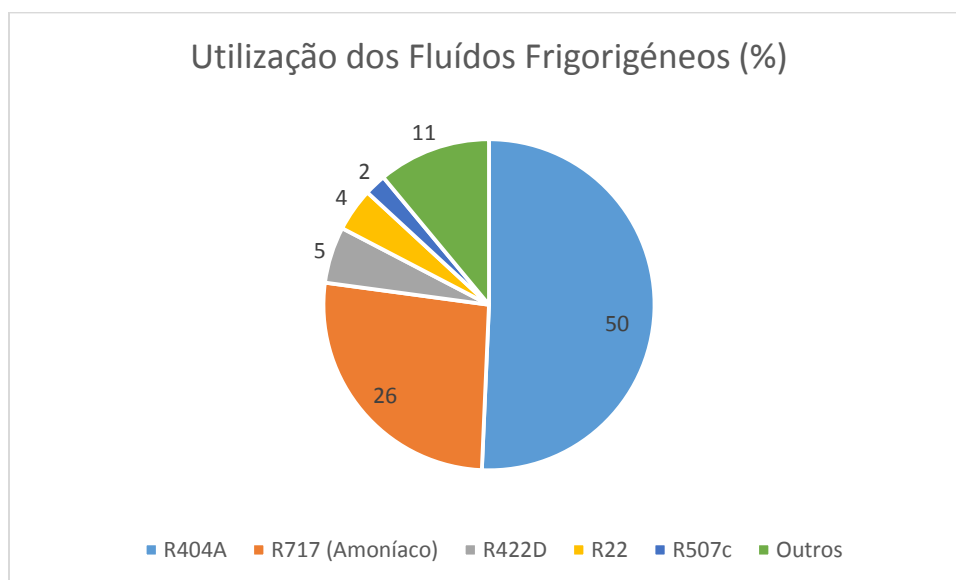


Figura 21 - Utilização relativa dos fluidos frigorigêneos (%)

Relativamente a esta questão em específico, foram obtidas 96 respostas, pelo que a amostra a ser analisada é bastante significativa.

Analisando a figura 21, é possível analisar que o R404A é o fluido mais utilizado, com 50% das empresas que responderam a utilizar este fluido. De seguida segue-se o Amoníaco, o qual é de interessante análise pois este pode ser utilizado em ciclos de compressão a vapor, mas também em ciclos de absorção. Pelo que será interessante analisar, em trabalhos futuros, quais destas empresas utilizam o R717 para ciclos de refrigeração por absorção ou por compressão a vapor e comparar com os consumos energéticos das instalações de frio em ambos os casos.

O R422D, fluido que veio substituir o R22, aparece em seguida. É importante referir que o R22 é um fluido em desaparecimento, pois foi proibido, pelo que os 4% que representam neste gráfico serão um valor em declínio. Algumas das empresas entrevistadas

mencionaram que algumas das máquinas já tinham passado a R422D e que as outras estavam em fase de transição.

4.7 Tipo de Frio por setor de atividade e descongelação nas câmaras

No presente estudo, separaram-se as diferentes zonas de refrigeração em três tipos:

- Refrigeração (Temperatura $> 0^{\circ}\text{C}$);
- Congelação (Temperatura $< 0^{\circ}\text{C}$);
- Zonas Climatizadas (Zonas de trabalho e tratamento).

Apresentam-se nas Figuras 22 a 24 os gráficos que representam a percentagem de empresas de cada agrupamento que possui cada um dos três tipos de frio:

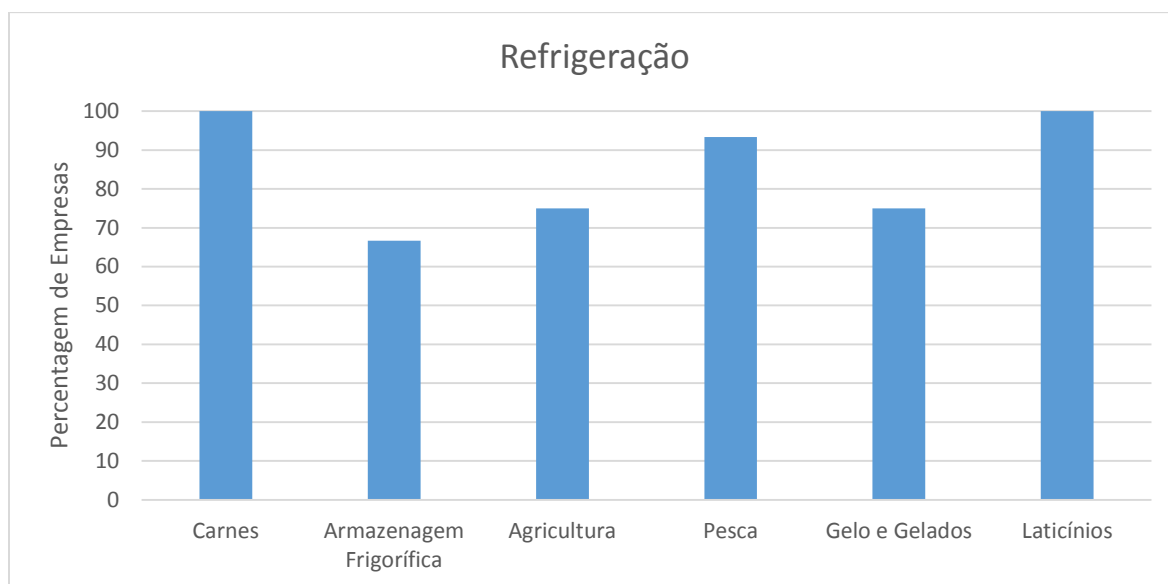


Figura 22 - Percentagem de empresas que possui Refrigeração, por agrupamento

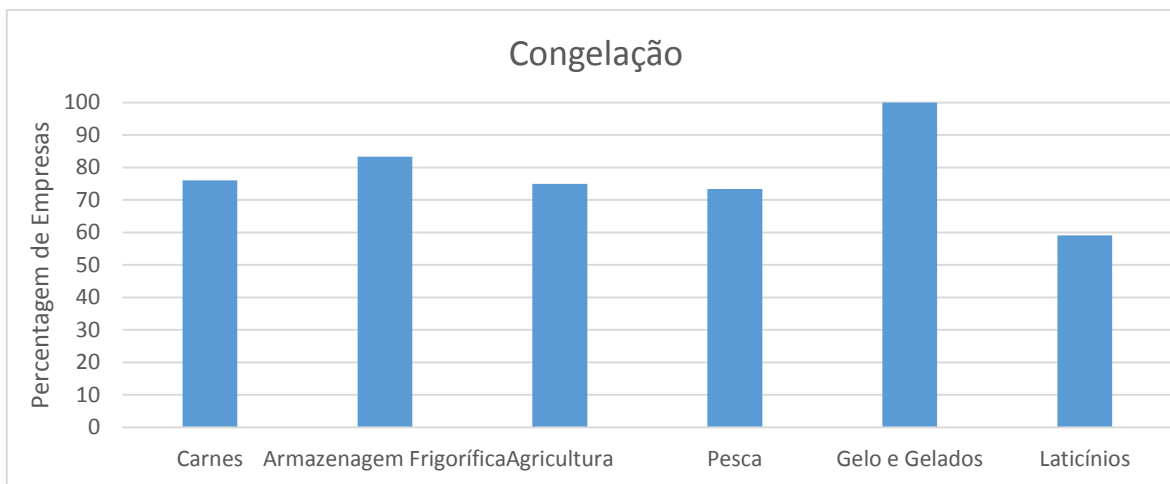


Figura 23 - Percentagem de empresas que possui Congelação, por agrupamento

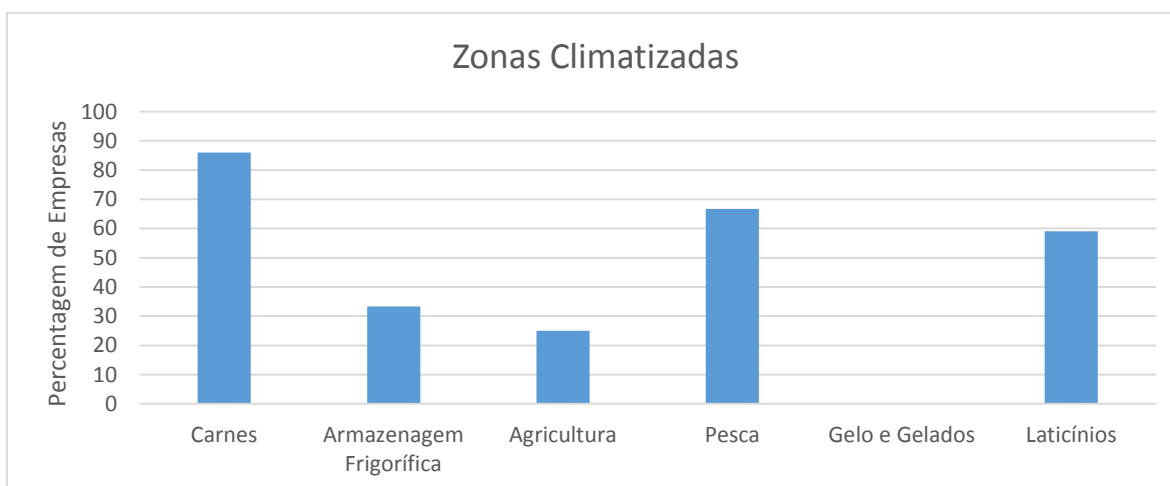


Figura 24 - Percentagem de empresas que possui Zonas Climatizadas, por agrupamento

Como se pode concluir, todas as empresas dos agrupamentos das Carnes e dos Laticínios possuem câmaras de refrigeração, uma vez que ambas têm sempre que conservar produtos perecíveis a temperaturas positivas.

No caso da Pesca o mesmo já não acontece, porque algumas das empresas analisadas possuem apenas congelação e/ou zonas climatizadas. Dados os diferentes SAE relacionados com a Pesca, este agrupamento foi dividido nos seus setores de atividade originais e os resultados são apresentados na Tabela 6, no Anexo F. Assim é possível concluir que 100% das empresas de congelação e preparação de artigos de pesca possuem, de facto, refrigeração, sendo que apenas algumas das empresas relacionadas com a salga destes artigos poderão não possuir câmaras de temperaturas positivas.

Relativamente à Armazenagem Frigorífica, será importante referir que estas empresas são especialistas em Logística Frigorífica, pelo que poderão ter apenas câmaras de acordo com as necessidades dos produtos que conservam, sendo que poderão ser mais inclinadas para a

refrigeração ou para a congelação. Dada a natureza do negócio, este SAE raramente possui zonas climatizadas, pelo que a percentagem de zonas climatizadas ronda os 30%, como se pode ver na figura 24.

No caso do agrupamento da Produção de Gelo e Gelados, é interessante analisar que não possuem zonas climatizadas e 100% das empresas possui congelação, como seria de esperar.

É ainda importante notar que, devido às necessidades de trabalho e tratamento do produto em zonas climatizadas, os agrupamentos da Carne e da Pesca são os que possuem, com maior frequência, zonas climatizadas, seguidos do agrupamento dos Laticínios.

O agrupamento da Agricultura foi o que representou a menor amostra, pelo que os valores são meramente representativos de uma pequena parte da população. No entanto, uma alta percentagem apresenta zonas de refrigeração e congelação, sendo as zonas climatizadas pouco usuais, pelo que este agrupamento não é tão afeto a trabalhos de tratamento de produto.

Associado às temperaturas das câmaras, estará o método de descongelação dos evaporadores. É muito importante que estes sejam descongelados temporariamente, pois a formação de gelo na superfície dos mesmos é prejudicial ao seu trabalho, pois o gelo funciona como um isolante, não permitindo a transferência de calor do ar das câmaras para o fluido que passa no evaporador.

Apresentam-se, na Figura 25, os métodos de descongelação utilizados nas câmaras frigoríficas e o seu peso relativo nas instalações analisadas, num total de 83 empresas que responderam a esta questão.

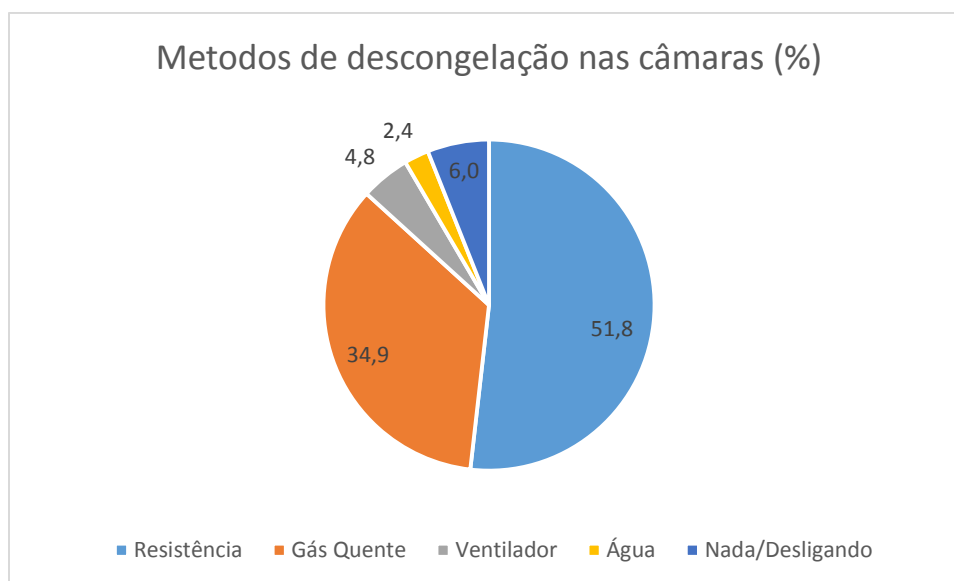


Figura 25 - Peso relativo de cada método de descongelação nas câmaras (%)

Como se pode concluir, a maioria das instalações possui descongelação por resistência, que apesar de ser um método eficaz, não é o mais indicado do ponto de vista da eficiência energética. Cerca de 35% possui um método de descongelação a gás quente, o qual é o mais indicado do ponto de vista de eficiência energética. Os outros métodos representam 11% das instalações analisadas. Com esta análise é possível concluir que existe espaço para melhoria no que toca à descongelação das instalações.

4.8 Isolamentos

Ao longo deste estudo, a maioria das empresas possuía isolamentos de painel isotérmico, sendo que a amostra de painéis de isolamento de cortiça foi desprezado.

Aquando dos inquéritos, tentou-se fazer a distinção entre as espessuras dos painéis isotérmicos para zonas de refrigeração e de congelação, sendo os resultados médios apresentados na tabela 4:

Tabela 3 - Espessuras médias dos Isolamentos de Painéis Isotérmicos em câmaras de refrigeração e congelação

Espessura Média para Refrigeração [mm]	Espessura Média para Congelação [mm]
83	149

Analisando a tabela, é possível concluir que os valores médios estão de acordo com os valores da literatura (ver Secção 2.3.1) no caso da congelação, em que os isolamentos deverão rondar valores entre 130 e 150 mm. Já no caso das câmaras de refrigeração, os valores obtidos demonstram um subdimensionamento do isolamento das paredes das câmaras (deveriam rondar valores entre 100 e 130 mm), pelo que as perdas de calor nestas câmaras deverão ser superiores aos valores ótimos, reduzindo assim a eficiência da instalação.

4.9 Instalação e Manutenção

Para ter uma ideia do nível de conhecimento que as empresas detêm sobre as suas instalações, foram efetuadas questões sobre a instalação e a manutenção das instalações.

Relativamente à instalação dos equipamentos, 87% foi efetuada por terceiros, 8% pela própria empresa e 5% têm equipamentos instalados por ambos. Estes valores resultam de

uma amostra de 99 empresas, pelo que são bastante representativos. Pode concluir-se que uma grande parte das empresas não possui uma equipa responsável pela instalação dos equipamentos.

No caso da manutenção, a amostra é de apenas 29 empresas, visto que esta informação foi recolhida no segundo inquérito apenas, o qual obteve 35 respostas numa população de 96 empresas. No entanto, 62% da manutenção é feita por terceiros, 21% pela própria empresa e 17% por ambas, sendo que neste caso as empresas fazem manutenção de casos simples, tendo que recorrer a empresas especializadas em casos mais complexos.

Desta análise, pode concluir-se que existe uma enorme dependência de empresas especializadas da área para instalação e manutenção das instalações, havendo alguma desconexão entre a empresa e a sua instalação. Por um lado, é importante recorrer a empresas externas para manutenção de equipamentos mais complexos, mas por outro, é importante a empresa ter pessoal especializado nas suas instalações, para que exista um interesse interno da empresa em melhorar e atualizar as mesmas, para que estas funcionem, sempre que possível, nas condições ótimas e de maior eficiência.

4.10 Hábitos de utilização

Antes de qualquer investimento para melhoria da eficiência energética, é importante que cada empresa analise os seus hábitos de utilização das câmaras. Dada a diversidade de processos e instalações, tentou manter-se esta secção simples e expedita. Assim, foram analisados dois fatores relativamente aos hábitos de utilização:

- Número de acessos às câmaras;
- Distinção entre utilização anual ou sazonal das câmaras.

Assim, relativamente aos acessos às câmaras, os dados obtidos são apresentados na Figura 26:

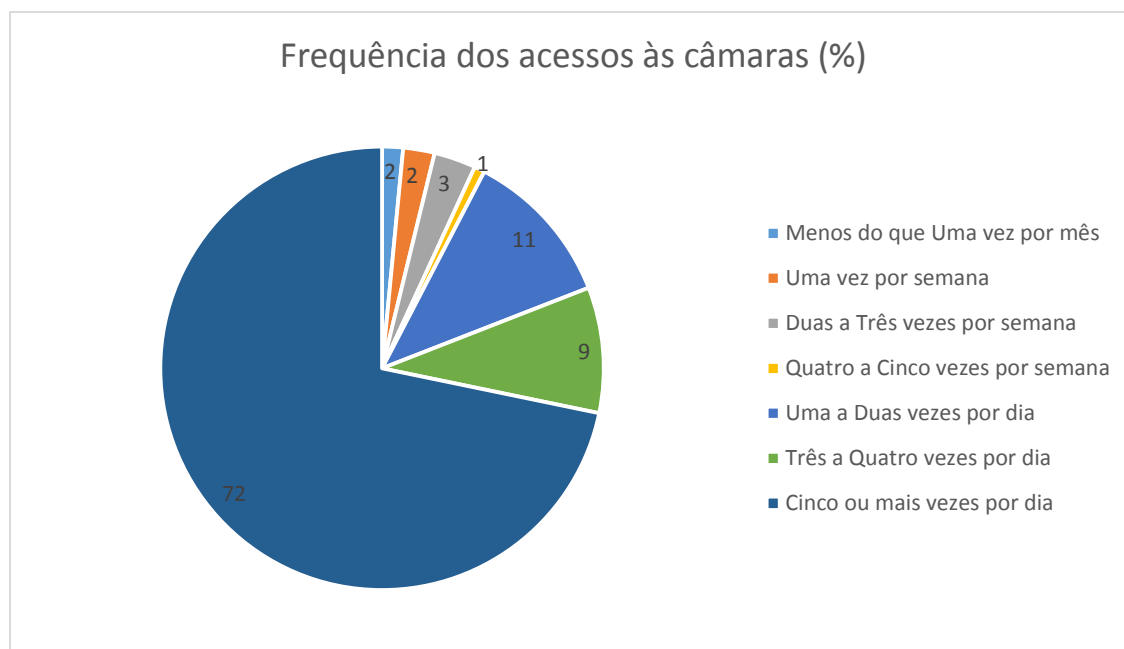


Figura 26 - Frequência dos acessos às Câmaras (%)

Como se pode observar, 72% das empresas acedem mais de cinco vezes por dia às câmaras, o que significa que existe bastante rotatividade de produtos e, portanto, perdas térmicas com entradas e saídas. Será importante notar que algumas das empresas têm uma frequência de acesso muito superior a cinco vezes por dia, pelo que esta questão específica do inquérito poderia ser refinada para estudos futuros, incluindo hipóteses de resposta com maiores frequências de acesso.

Observa-se, então, que as zonas de entrada e saída das câmaras serão zonas onde, eventualmente, poderão existir grandes perdas térmicas, não só pela frequência dos acessos, mas também pela duração dos mesmos e o tempo que as portas poderão estar abertas. Existem soluções para a redução das perdas nestas zonas, como por exemplo instalando lamelas, cortinas de ar ou portas de acesso rápido.

Além dos acessos às câmaras, foi também analisada a utilização anual das câmaras, sendo que 91% das instalações funcionam o ano todo, 3% encerram sazonalmente e 6% possuem câmaras que funcionam o ano inteiro e outras que encerram em certas alturas.

Dos agrupamentos que afirmam desligar sazonalmente as câmaras, está presente principalmente o agrupamento dos Laticínios, que desliga as câmaras de acordo com a quantidade de produtos em determinadas épocas, como por exemplo, no Inverno, em que afirmam existir menos leite.

4.11 Oportunidades de melhoria do ponto de vista da eficiência energética

O presente estudo foca-se em caracterizar o parque nacional de refrigeração e demonstrar como se constituem as instalações a nível nacional, para os diferentes setores de atividade. No entanto, um dos objetivos foi também organizar as empresas segundo as oportunidades de melhoria do ponto de vista da eficiência energética. Assim, foi desenvolvida uma matriz, representada na Tabela 5, que relaciona o Potencial de Poupança com as Oportunidades de Investimento.

Tabela 4 - Matriz Potencial de Poupança vs. Dificuldade de Investimento

		Potencial de Poupança	
		Alta	Baixa
Oportunidades de Investimento	Altas	1	2
	Baixas	2	3

Assim, as empresas que se situam em 1 serão aquelas cuja análise será mais interessante do ponto de vista de melhorias a nível da eficiência energética. Posteriormente analisar-se-iam as empresas em 2 e, por fim, as empresas em 3.

O potencial de poupança foi organizado de acordo com o FCF_{empresa} . Foram calculados os desvios em relação ao $FCF_{\text{agrupamento}}$, sendo que a desvios positivos correspondem potenciais de poupança elevados e vice-versa.

As oportunidades de investimento foram obtidas de acordo com a idade da instalação, na medida em que será mais fácil encontrar pontos de investimento em instalações mais antigas, e instalações mais recentes estarão mais atualizadas, pelo que será mais difícil encontrar zonas onde seria interessante investir. Nas instalações cuja idade era desconhecida, considerou-se apenas o FCF_{empresa} para a sua localização na matriz (instalações com desvio positivo foram colocadas em 2 e instalações com desvio negativo foram colocadas em 3).

Apresenta-se no Anexo G a tabela que relaciona cada empresa com a sua posição na matriz. É importante notar que os nomes das empresas não estão disponíveis nessa tabela, mas sim o *Response ID*. A cada empresa corresponde apenas um *Response ID*, pelo que apenas se apresenta esse parâmetro por motivo de sigilo das empresas.

4.12 Instalações reais

Ao longo desta secção serão apresentados alguns dos resultados recolhidos aquando da realização do segundo inquérito. Será importante notar que apenas se recolheram 35 respostas, pelo que não será feita a separação das empresas em agrupamentos.

4.12.1 Compressores

Relativamente aos compressores, foram efetuadas questões sobre a marca, tipo de construção e funcionamento e implementações feitas no sentido de melhorar a eficiência energética.

Relativamente à marca dos compressores, apenas 21 empresas deram essa informação, pelo que a quantidade de compressores por marca é apresentada na Figura 27:

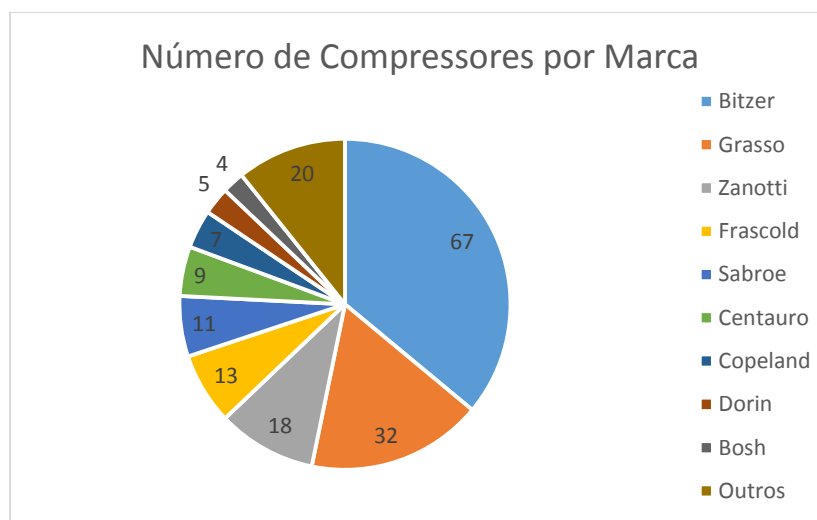


Figura 27 - Quantidade de compressores instalados em 21 empresas, por marca

Como se pode verificar, as marcas Bitzer e Grasso apresentam, respetivamente, 36% e 17% dos compressores instalados nestas 21 empresas, seguidas da Zanotti, representada por 10% dos compressores.

Relativamente ao funcionamento dos compressores, apenas 24 empresas responderam, pelo que 12 das empresas possuem compressores alternativos, 10 possuem compressores de parafuso e apenas 2 possuem ambos os tipos de compressores. Apesar da pequena amostra, as respostas obtidas apontam para uma utilização idêntica de ambos os tipos de

compressores. No que toca à construção dos compressores, apenas 21 empresas responderam, e os resultados apresentam-se na Figura 28.

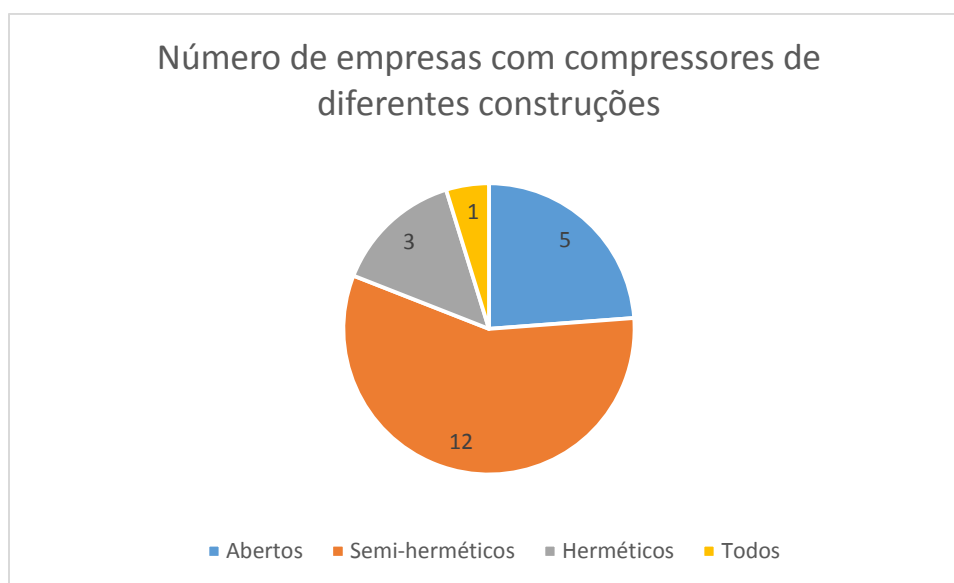


Figura 28 - Número de empresas que usa diferentes tipos de construção de compressores

Analisando a figura pode então verificar-se que 12 das 21 empresas que responderam a esta questão utilizam compressores semi-herméticos. Sendo que na área da refrigeração industrial é necessário ter muito cuidado com “fugas”, é importante existir hermeticidade. No entanto, também é importante poder aceder ao compressor para efetuar reparações, pelo que estes compressores se demonstram os mais utilizados, quando comparados com os tipos de construção hermética e aberta, que não permitem efetuar reparações nem são hermeticamente fechados, respetivamente.

Além dos aspetos analisados, será importante também conhecer as preocupações por parte das empresas em melhorar a eficiência energética dos compressores, pelo que também foram questionadas relativamente à utilização de variadores de frequência e da eventual utilização da regulação de capacidade por parte dos compressores. Assim, são apresentados nas Figuras 29 e 30 as respostas obtidas no que diz respeito a estes dois tópicos.

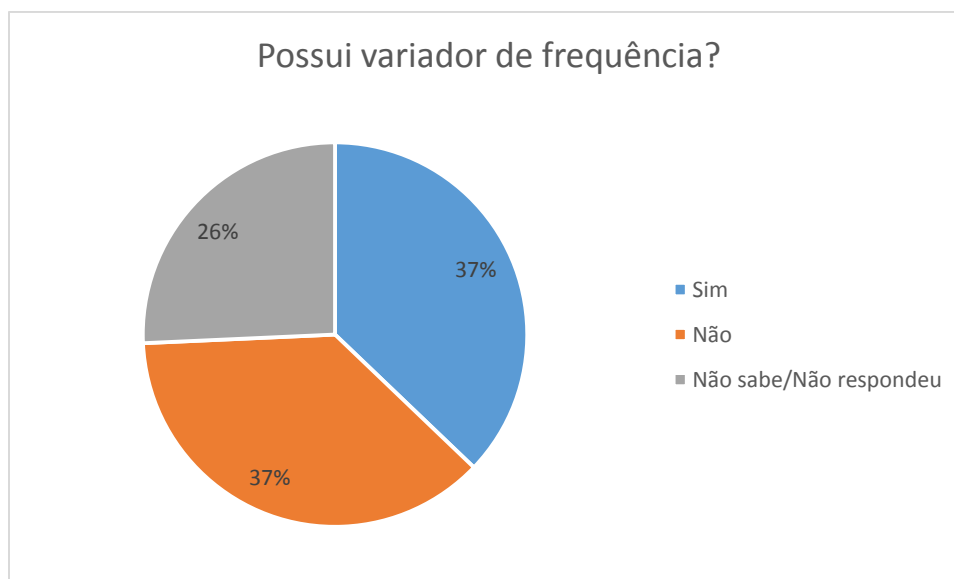


Figura 29 - Percentagem de empresas que possui variador de frequência instalado em pelo menos um compressor, de um total de 35 empresas

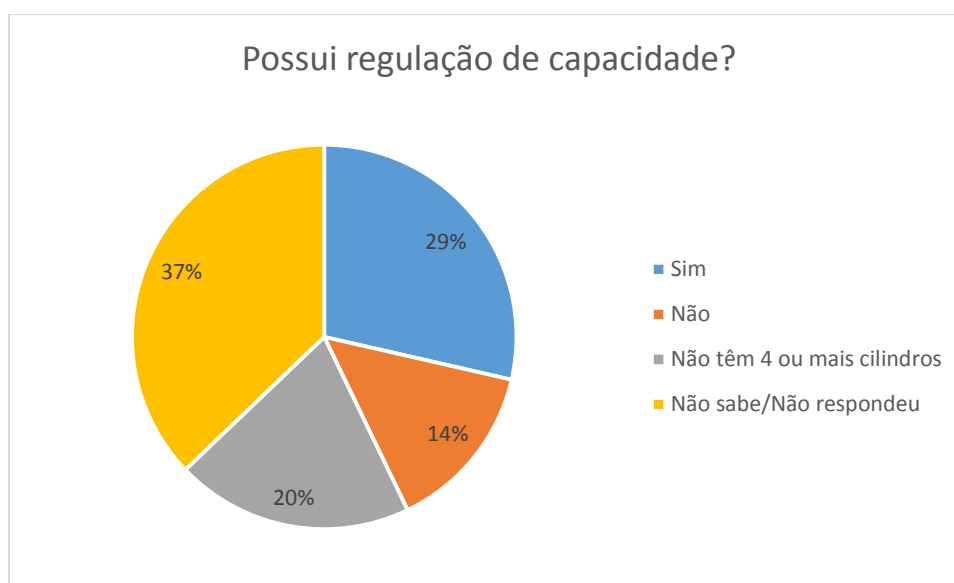


Figura 30 - Percentagem de empresas que possui regulação de capacidade em pelo menos um compressor, de um total de 35 empresas

Relativamente aos gráficos das figuras 29 e 30, é importante salientar que 37% das empresas possui variador de frequência e que 28% possui compressores com regulação de capacidade. Apesar disto, existe uma elevada percentagem de empresas que não sabe (ou não responde) se tem estas tecnologias instaladas, 26% no caso do variador de frequência e 37% no caso da regulação de capacidade. Isto demonstra, por um lado, alguma desconexão entre as empresas e as instalações que possuem e, por outro lado, pouca preocupação com questões da eficiência energética.

4.12.2 Condensadores

No segundo inquérito tentou-se também recolher informação acerca dos condensadores, sendo os resultados apresentados na Figura 31.

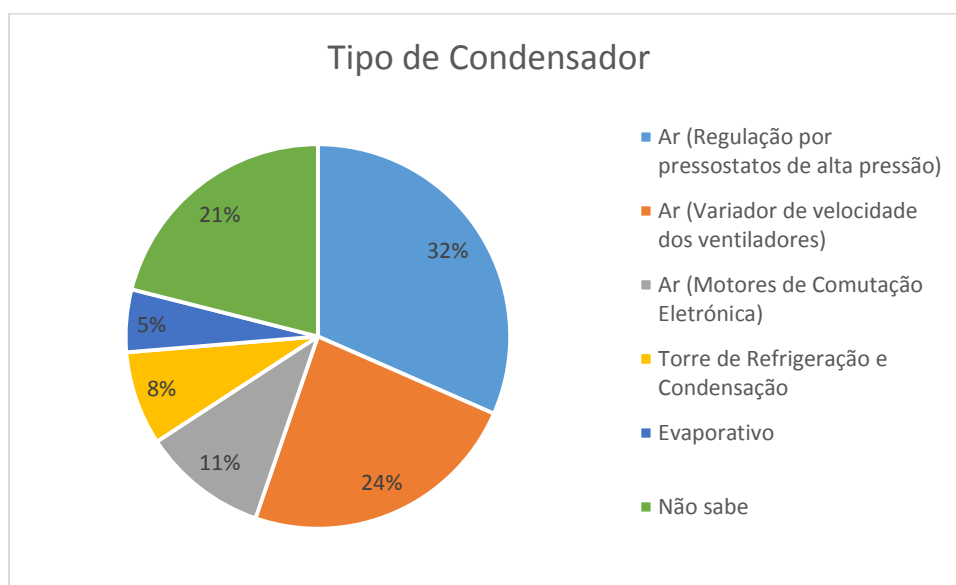


Figura 31 - Percentagem de empresas que utiliza cada um destes tipos de condensadores, de um total de 35 empresas

É possível concluir que, das 35 empresas que responderam a esta questão, 67% das empresas possui condensadores a ar, sendo que 32% das empresas possui condensadores regulados por pressostatos de alta pressão e os restantes 35% possui já tecnologias que permitem reduzir os consumos energéticos dos ventiladores dos condensadores, como é o caso dos variadores de velocidade instalados e dos motores de comutação eletrónica. As restantes empresas possuem condensadores evaporativos (5%) e torres de refrigeração e condensação (8%). Mais uma vez, uma grande percentagem de empresas (21%) não sabe que tipo de condensadores tem instalado.

4.12.3 Sistema de expansão

Relativamente ao sistema de expansão, as respostas recebidas são apresentadas na Figura 32.

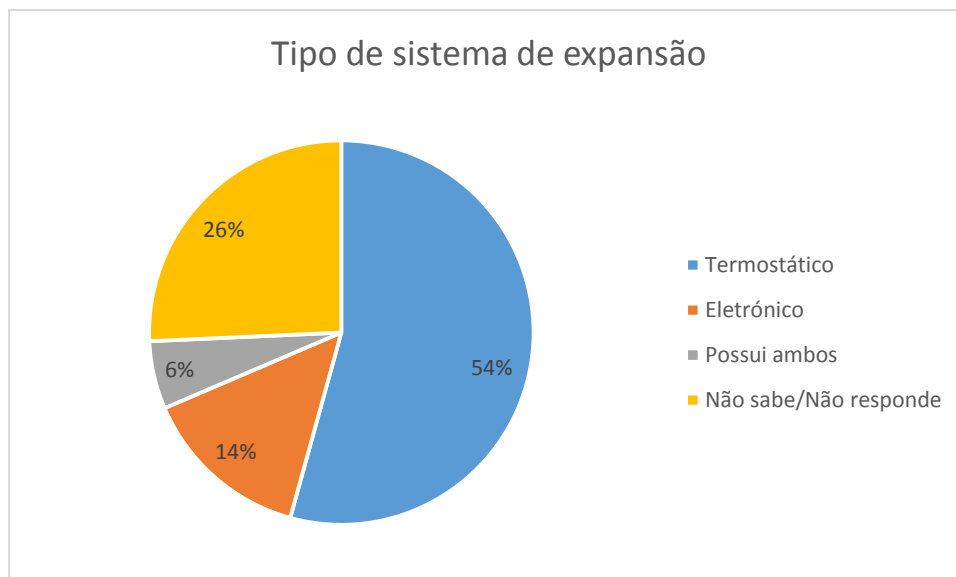


Figura 32 - Percentagem de empresas que possui cada um destes tipos de sistema de expansão, de um total de 35 empresas

Como é possível observar, mais de metade da amostra analisada possui sistemas de expansão termostáticos e apenas 14% possui sistemas eletrónicos, os quais, apesar de mais caros, são mais eficientes do ponto de vista energético.

Da mesma forma que aconteceu nas análises anteriores, uma grande percentagem de empresas (26%) desconhece o tipo de sistema tem instalado.

4.12.4 Sistema de controlo

O sistema de controlo e monitorização de uma instalação, apesar de não ser obrigatório para que uma instalação possa funcionar, é muito importante no sentido da otimização e na deteção de anomalias no funcionamento da mesma. É, assim, um componente muito importante nas instalações de hoje em dia, sendo que a complexidade tecnológica tem vindo a aumentar. Apresenta-se na Figura 33 a percentagem de empresas que possui instalado um sistema de controlo nas suas instalações.

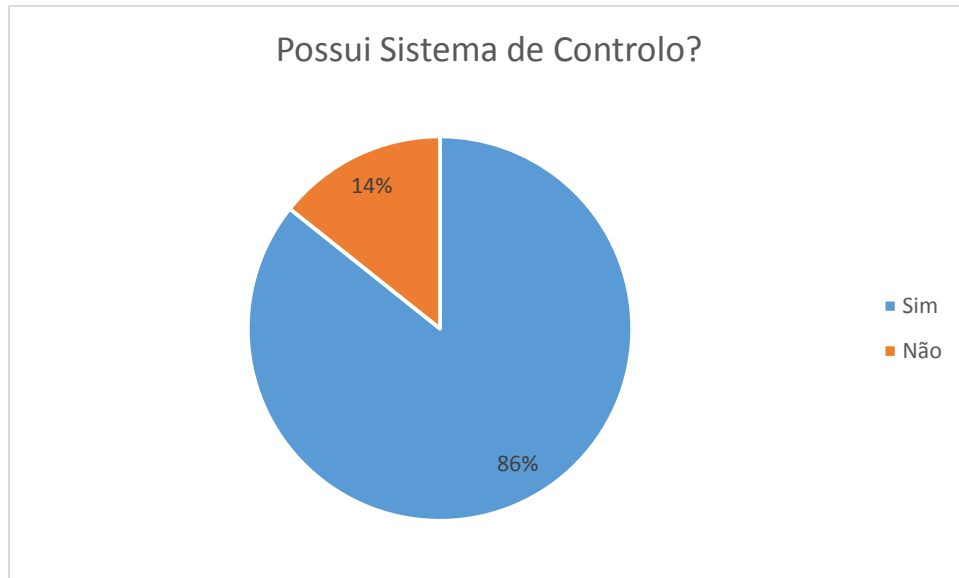


Figura 33 - Percentagem de empresas que possui instalado Sistema de Controlo

Analisando a figura, é óbvio que existe uma grande preocupação em ter instalado um sistema inteligente de controlo, pelo que 86% das 35 empresas respondeu que possui. Apenas 5 empresas desta amostra não possuem instalado um destes sistemas.

4.12.5 Aproveitamentos energéticos com vista a aumento de eficiência

No que diz respeito a aproveitamentos energéticos, poucas empresas o fazem, desta amostra de 35 empresas. As empresas foram questionadas relativamente à utilização de águas quentes sanitárias (AQS) e da presença de isolamentos secundários nas portas. Das 33 respostas obtidas a estas questões, 28 empresas utilizam AQS e 21 empresas possuem isolamentos nas portas de acesso (13 possuem lamelas, 4 possuem cortina de ar e 4 possuem ambas).

Apesar de haver, então, oportunidades de investimento no sentido de efetuar aproveitamento do calor dos compressores, poucas empresas o fazem, como se pode ver na Figura 34.

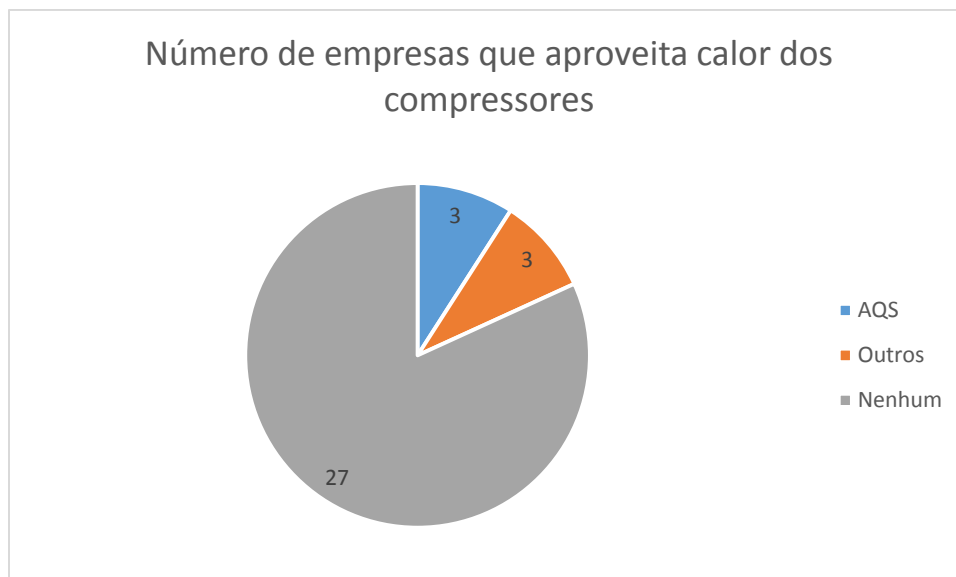


Figura 34 - Número de empresas que faz aproveitamento do calor dos compressores para outros processos

Apenas seis empresas desta população fazem aproveitamento do calor dos compressores, sendo que três o fazem para AQS, duas para processo de abate e uma para aquecimento de escritórios por pavimento radiante.

Apesar da pequena amostra, não existe, por parte das empresas, investimento no sentido de recuperação de calor dos compressores, o que indica que podem existir, em muitas das instalações nacionais, oportunidades de melhoria no que diz respeito a medidas de aproveitamento com o objetivo de aumentar a eficiência energética.

5 Conclusão

Em Portugal, a indústria é responsável por cerca de um terço do consumo energético, pelo que é de extrema importância ter atenção à forma como esta energia é consumida e procurar oportunidades que levem à redução deste consumo. Uma forma de reduzir o consumo passa por reduzir o desperdício, o que por sua vez requer um conhecimento dos processos industriais consumidores de energia. Assim, surge a ideia de caracterizar o setor industrial nacional no que diz respeito a uma cadeia de processos específicos. Este estudo foca-se, então, em caracterizar o parque nacional de refrigeração em diferentes setores de atividade para os quais o frio industrial é crítico.

Após a realização de inquéritos a uma população de mais de 400 empresas, foram recolhidas 106 respostas, as quais foram analisadas e tratadas no sentido de encontrar possíveis relações para os diferentes setores de atividade e de explicitar de que forma se caracteriza, então, o parque de refrigeração.

Após análise, verificou-se que para cada setor de atividade existe uma relação entre o capital social e o consumo energético das empresas, pelo que ambas variam a taxas idênticas. Assim, criaram-se Fatores de Consumo e Fatores de Consumo de Frio, que, apesar de serem apenas valores indicativos, permitem perceber preliminarmente como é que uma empresa se insere no seu SAE, tendo em conta o seu capital social e o seu consumo energético médio mensal. Os SAE que se destacaram por apresentar altos valores de Fator de Consumo foram a armazenagem frigorífica e os do agrupamento da pesca, pois apresentam altos consumos energéticos para determinados valores de capital social.

Foi ainda analisada de que forma cada SAE direciona os seus consumos para refrigeração, sendo que a armazenagem frigorífica utiliza cerca de 85% da energia para frio, os setores relacionados com pesca e carne utilizam cerca de 61%, e o setor dos laticínios utiliza cerca de 48%.

Relativamente a aspetos mais técnicos, verificou-se que, por exemplo, o fluido frigorigéneo mais utilizado é o R404A e que os fluidos proibidos, como o R22, se encontram a uso apenas em casos esporádicos. A descongelação nas câmaras é maioritariamente efetuada a resistência e a gás quente (51,8% e 34,9% respetivamente). No que diz respeito a isolamentos, as espessuras médias utilizadas são de 83 e 149 mm no caso de temperaturas positivas e negativas, respetivamente. A espessura para congelação vai de acordo com os valores da literatura (130 a 150 mm para congelação), mas a espessura média das paredes das câmaras de temperatura positiva está abaixo desses mesmos valores (100 a 130 mm para refrigeração).

De uma forma geral, verificou-se que existe alguma desconexão entre as pessoas que responderam ao inquérito e a instalação, pelo que, por um lado, 87% das instalações foram montadas por terceiros e cerca de 62% das instalações recebe manutenção também por empresas subcontratadas. As informações prestadas no preenchimento dos inquéritos foram

conseguidas com alguma dificuldade, o que leva a concluir que não existe, em muitos dos casos, uma equipa técnica especializada nas instalações.

Utilizando o Fator de Consumo de Frio desenvolvido e a idade das instalações, foi possível desenvolver uma tabela em que se ordenaram as empresas em função das oportunidades de investimento no sentido de aumentar a eficiência energética.

Por fim, será importante mencionar a atitude das empresas relativamente ao estudo, sendo que se mostraram disponíveis para responder aos inquéritos por chamada telefónica e que demonstraram interesse em conhecer os resultados. Apesar de se terem identificado muitas falhas no que toca a aproveitamentos energéticos (27 em 33 empresas não fazem qualquer tipo de aproveitamento do calor dos compressores), as empresas mostraram-se interessadas em conhecer que medidas poderiam existir para melhorar as suas instalações quando deparadas com essa oportunidade. Claro está que hoje em dia qualquer investimento avultado dificilmente será efetuado, mas uma análise específica a cada instalação poderá demonstrar oportunidades com tempo de *payback* curto.



No que toca a trabalhos futuros, este estudo pode ser utilizado como uma primeira referência para a análise dos equipamentos de frio dos SAE apresentados e, a partir daí, será possível efetuar um estudo mais pormenorizado, por SAE por exemplo. Assim, poderá ser interessante analisar empresas do mesmo SAE, com a mesma dimensão e que apresentem FCF distintos, no sentido de analisar potenciais falhas nas instalações menos otimizadas. Por outro lado, será também interessante analisar empresas do mesmo SAE e com tecnologias semelhantes (potência e idade) e perceber de que forma diferentes hábitos de utilização das instalações poderão levar a diferentes consumos energéticos. Por fim, será importante também mencionar que este trabalho poderá também servir como referência a outras caracterizações nacionais, que não sejam necessariamente nesta área de estudo.

6 Bibliografia

1. Raput, R.K., *Engineering Thermodynamics*. Third Edition ed. 2007: Laxmi Publications Ltd.
2. Afonso, C., *Termodinâmica para Engenharia*. 2012: FEUP EDIÇÕES. 602.
3. Afonso, C., *Refrigeração*. 2013: FEUP, 2013. 633.
4. George C. Briley, P.E., *A History of Refrigeration*. ASHRAE Journal, November 2004. © Copyright 2004 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2004: p. S31-S34.
5. Tassou, S.A., et al., *A review of emerging technologies for food refrigeration applications*. Applied Thermal Engineering, 2010. **30**(4): p. 263-276.
6. Wang, S.K., *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*. 2000: McGraw-Hill.
7. Sá, E.S. and J.L. Alexandre, *Auditorias Energéticas no Sector de Frio Industrial. Medidas de Poupança e de Eficiência Energética*. 2007.
8. Stoecker, W., *Industrial Refrigeration Handbook*. 1998: McGraw-Hill Education.
9. Lekov, A., *Opportunities for Energy Efficiency and Automated Demand Response in Industrial Refrigerated Warehouses in California*. 2009: p. 80.
10. Aranda-Usón, A., et al., *Energy consumption analysis of Spanish food and drink, textile, chemical and non-metallic mineral products sectors*. Energy, 2012. **42**(1): p. 477-485.
11. Abdelaziz, E.A., R. Saidur, and S. Mekhilef, *A review on energy saving strategies in industrial sector*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011. **15**(1): p. 150-168.
12. James, S.J. and C. James, *The food cold-chain and climate change*. Food Research International, 2010. **43**(7): p. 1944-1956.
13. eInforma. *Sobre a eInforma*. [cited 2014 9 Dezembro]; Available from: <http://www.einforma.pt/quem-somos>.
14. Danfoss. *Danfoss Learning*. [cited 2014 16/09 até 25/9]; Available from: <http://learning.danfoss.com/>.
15. Eurostat. *Electricity prices by type of user*. 2014 [cited 2014 4 de Novembro]; Available from: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=ten00117>.

7 Anexos

7.1 ANEXO A



Estudo: Redução dos Consumos Energéticos na Refrigeração

1. Qual o nome da empresa? *

2. Qual a atividade da empresa?

3. Possui setor de frio?
(Se a resposta a esta pergunta for "Não", pode deixar o resto em branco e clicar no botão "Submeter" no fim do questionário.)

☐ Sim

☐ Não

4. Qual o consumo médio mensal de energia elétrica da empresa?

5. E, especificamente, qual o consumo médio mensal dos aparelhos de frio?

Figura 35 - Primeiro Inquérito (Parte 1 de 4)

	<p>6. Qual a potência de frio instalada?</p> <div></div> <hr/>	
	<p>7. Que tipo de zonas de frio possui?</p> <p><input type="checkbox"/> Refrigeração (Temperatura de frio > 0°C)</p> <p><input type="checkbox"/> Congelação/Congelados (Temperatura de frio < 0°C)</p> <p><input type="checkbox"/> Zonas climatizadas (Excluindo escritórios)</p> <hr/>	
	<p>8. Quais as dimensões de volume (m³) de cada câmara?</p> <div></div> <hr/>	
	<p>9. Quais as dimensões de volume (m³) de cada espaço a climatizar?</p> <div></div> <hr/>	
	<p>10. Quais os anos de construção de cada câmara?</p> <div></div> <hr/>	
	<p>11. Foram efectuadas renovações a algum dos componentes das câmaras desde a sua construção?</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Não</p> <hr/>	
	<p>12. Quais são os gases frigorigénios utilizados?</p>	

Figura 36 - Primeiro Inquérito (Parte 2 de 4)

	<div><div></div><hr/></div> <div><p>13. Quais os tipos de isolamento utilizados e as suas espessuras (em milímetros)?</p><div></div><hr/></div> <div><p>14. Como é efetuada a descongelação nas câmaras?</p><div></div><hr/></div> <div><p>15. A instalação dos equipamentos de frio foi feita:</p><p>(Pode escolher várias opções, caso ambas as opções sejam válidas para equipamentos diferentes.)</p><p><input type="checkbox"/> Pela própria empresa</p><p><input type="checkbox"/> Por terceiros</p><hr/></div> <div><p>16. Com que frequência se acede a cada câmara?</p><p>(Pode escolher várias opções, caso câmaras diferentes tenham frequências de acesso diferentes.)</p><p><input type="checkbox"/> Menos do que Uma vez por mês</p><p><input type="checkbox"/> Duas vezes por mês</p><p><input type="checkbox"/> Uma vez por semana</p><p><input type="checkbox"/> Duas a Três vezes por semana</p><p><input type="checkbox"/> Quatro a Cinco vezes por semana</p><p><input type="checkbox"/> Uma a Duas vezes por dia</p><p><input type="checkbox"/> Três a Quatro vezes por dia</p><p><input type="checkbox"/> Cinco ou mais vezes por dia</p><hr/></div> <div><p>17. Qual a duração média de acesso a cada câmara?</p><p>(Pode escolher várias opções, caso câmaras diferentes tenham durações médias de</p></div>	
--	--	--

Figura 37 - Primeiro Inquérito (Parte 3 de 4)

acesso diferentes.)

☐ Menos do que 10 minutos

☐ Entre 15 minutos e 30 minutos

☐ Entre 40 minutos e 1 hora

☐ Mais do que 1 hora

18. A utilização das câmaras é feita durante:
(Pode escolher várias opções, caso câmaras diferentes sejam utilizadas em períodos diferentes.)

☐ Todo o ano

☐ Sazonalmente

19. Se possuir câmaras cuja utilização é sazonal, em que alturas do ano acontece?

20. Outras notas que queira acrescentar

Obrigado pelo tempo prestado no preenchimento deste questionário. A sua resposta é muito importante para este estudo.

Figura 38 - Primeiro Inquérito (Parte 4 de 4)

7.2 ANEXO B

Estudo: Redução dos Consumos Energéticos na Refrigeração

Response ID:16 Data

1.
1. Qual o nome da empresa?
[REDACTED]
2. Qual a atividade da empresa?
Indústria de Transformação de carne
3. Possui setor de frio?
Sim
4. Qual o consumo médio mensal de energia elétrica da empresa?
13000€
5. E, especificamente, qual o consumo médio mensal dos aparelhos de frio?
Não temos especificado
6. Qual a potência de frio instalada?
temos vários compressores para refrigerados, climas, congelados e secadores de enchidos
7. Que tipo de zonas de frio possui?
Refrigeração (Temperatura de frio > 0°C) Congelamento/Congelados (Temperatura de frio < 0°C) Zonas climatizadas (Excluindo escritórios)
8. Quais as dimensões de volume (m³) de cada câmara?
São zonas de várias dimensões. câmaras de secagem 16. 16 câmaras de refrigerados. 4 câmaras de conservação de congelados. 7 salas climatizadas. de áreas diferentes.
9. Quais as dimensões de volume (m³) de cada espaço a climatizar?
10. Quais os anos de construção de cada câmara?
Tem áreas construídas desde 1994 até zonas construídas este ano.
11. Foram efectuadas renovações a algum dos componentes das câmaras desde a sua construção?
Sim
12. Quais são os gases frigorigénios utilizados?
R422D R404A
13. Quais os tipos de isolamento utilizados e as suas espessuras (em milímetros)?
Zonas construídas em alvenaria, são revestidas por cortiça. outras mais recente são construídas em painel isotérmico. as de conservação de congelados tem 160 mm. outras 80mm
14. Como é efetuada a descongelação nas câmaras?

Figura 39 - Resposta exemplo ao primeiro inquérito (Parte 1 de 2)

Os evaporadores fazem descongelações de acordo com o programado no controlador, Normalmente de 04 em 04 horas.
As câmaras de refrigerados são esvaziadas, desligadas e higienizadas semanalmente. os evaporadores são desmontados e limpos 1 vez por ano.
As câmaras de conservação de congelados, normalmente são desligadas, esvaziadas, higienizadas, evaporadores desmontados e efetuada a manutenção, caso necessário, pelo menos cada 2 anos
15. A instalação dos equipamentos de frio foi feita:
Por terceiros
16. Com que frequência se acede a cada câmara?
Uma a Duas vezes por dia
17. Qual a duração média de acesso a cada câmara?
Menos do que 10 minutos
Entre 15 minutos e 30 minutos
18. A utilização das camaras é feita durante:
Todo o ano
19. Se possuir câmaras cuja utilização é sazonal, em que alturas do ano acontece?
Não temos
20. Outras notas que queira acrescentar

Figura 40 - Resposta exemplo ao primeiro inquérito (Parte 2 de 2)

Como se pode ver por este exemplo em concreto, esta empresa não deu informação relativamente à potência instalada nem às dimensões de volume das câmaras, questões sobre a qual a análise de resultados geral não foi possível. Isto deve-se ao facto de muito poucas empresas terem dado esta informação corretamente, pelo que estas questões não puderam ser analisadas para o parque nacional.

Relativamente às restantes questões, as respostas desta empresa estão de acordo com o que foi obtido na generalidade das respostas. Será de notar que o site SurveyGizmo permitiu exportar as respostas para um documento Excel, facilitando a análise.

7.3 ANEXO C



	<div><div></div><div>Redução dos Consumos Energéticos na Refrigeração (Segunda fase)</div><div><p>1. Qual o nome da empresa? *</p><div></div></div><div><p>2. Como é constituída a central frigorífica? (Número de Compressores) Qual a marca/modelo/ano dos mesmos?</p><div></div></div><div><p>3. Os compressores são alternativos ou de parafuso? Abertos ou semi-herméticos?</p><div></div></div><div><p>4. Possuem variador de frequência? Montado no compressor ou no quadro elétrico?</p><div></div></div><div><p>5. Caso tenham quatro ou mais cilindros, possuem regulação de capacidade?</p><p><input type="checkbox"/> Sim</p></div></div> <td></td>	
--	--	--

Figura 41 - Segundo Inquérito (Parte 1 de 4)

	<p><input type="radio"/> Não</p> <p><input type="radio"/> Não têm quatro ou mais cilindros</p> <hr/>	
	<p>6. Que tipo de condensadores possui?</p> <p><input type="checkbox"/> Ar (regulação por pressostatos de alta pressão)</p> <p><input type="checkbox"/> Ar (variador de velocidade dos ventiladores)</p> <p><input type="checkbox"/> Ar (motor de comutação eletrónico – MCE)</p> <p><input type="checkbox"/> Ar e Água (evaporativo)</p> <p><input type="checkbox"/> Água (torre de refrigeração e condensação)</p> <p><input type="checkbox"/> Outro <input type="text"/></p> <hr/>	
	<p>7. Qual a marca/modelo/ano dos condensadores?</p> <p><input type="text"/></p> <hr/>	
	<p>8. O sistema de expansão é termostático ou eletrónico? Qual a marca/modelo/ano?</p> <p><input type="text"/></p> <hr/>	
	<p>9. O sistema de arrefecimento é direto ou por fluido secundário arrefecido?</p> <p><input type="text"/></p> <hr/>	
	<p>10. Tem implementado sistema de controlo e monitorização de temperaturas?</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Não</p> <hr/>	

Figura 42 - Segundo Inquérito (Parte 2 de 4)

	<p>11. Se sim, qual o sistema de controlo e monitorização de temperaturas? (Marca/Modelo/Ano)</p> <div></div>	
	<p>12. Possui Águas Quentes Sanitárias (AQS)?</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Não</p>	
	<p>13. Nas portas de acesso, possuem algum tipo de isolamento secundário? (lamelas, cortina de ar) Se sim, qual?</p> <div></div>	
	<p>14. Faz aproveitamento do calor dos compressores para algum dos seguintes processos?</p> <p><input type="checkbox"/> AQS</p> <p><input type="checkbox"/> Cortina de Ar</p> <p><input type="checkbox"/> Nenhum</p> <p><input type="checkbox"/> Outro <div></div></p>	
	<p>15. Nas zonas climatizadas, possui portas de cais?</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Não</p>	
	<p>16. A manutenção da instalação é feita:</p> <p><input type="radio"/> Pela própria empresa</p> <p><input type="radio"/> Por terceiros</p> <p><input type="radio"/> Ambos</p>	
	<p>17. Qual é o ciclo termodinâmico em funcionamento?</p>	

Figura 43 - Segundo Inquérito (Parte 3 de 4)

(ciclo de compressão a vapor, ciclo de absorção, ciclo em cascata, etc.)

18. Outras notas que queira acrescentar:

Obrigado pelo tempo prestado no preenchimento deste questionário. A sua resposta é muito importante para este estudo.

Figura 44 - Segundo Inquérito (Parte 4 de 4)

7.4 ANEXO D

Electricity prices by type of user
EUR per kWh
Medium size industries

geo	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
EU (28 countries)	-	-	-	-	-	0.088	0.096	0.092	0.093	0.096	0.094	-
EU (27 countries)	-	-	0.067	0.075	0.082	0.088	0.096	0.091	0.093	0.096	0.094	-
Euro area (changing composition)	-	0.067	0.071	0.077	0.084	0.088	0.097	0.092	0.093	0.096	0.093	-
Euro area (18 countries)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Euro area (17 countries)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Belgium	0.076	0.076	0.07	0.083	0.088	0.099	0.103	0.094	0.098	0.096	0.091	0.092
Bulgaria	-	0.041	0.043	0.046	0.046	0.056	0.064	0.064	0.064	0.068	0.08	0.074
Czech Republic	0.05	0.049	0.06	0.073	0.078	0.11	0.106	0.102	0.11	0.103	0.101	0.082
Denmark	0.07	0.063	0.065	0.072	0.064	0.078	0.074	0.085	0.088	0.083	0.09	0.083
Germany	0.07	0.074	0.078	0.087	0.095	0.093	0.098	0.092	0.09	0.09	0.086	0.084
Estonia	0.046	0.046	0.047	0.051	0.053	0.051	0.059	0.057	0.062	0.065	0.084	0.079
Ireland	0.076	0.079	0.09	0.1	0.112	0.13	0.121	0.112	0.112	0.129	0.133	0.129
Greece	0.061	0.063	0.064	0.067	0.07	0.086	0.095	0.086	0.092	0.101	0.104	0.109
Spain	0.053	0.054	0.069	0.072	0.081	0.092	0.11	0.111	0.108	0.116	0.116	0.118
France	0.053	0.053	0.053	0.053	0.054	0.06	0.067	0.069	0.072	0.081	0.077	0.074
Croatia	-	-	0.056	0.06	0.06	0.074	0.085	0.093	0.09	0.089	0.094	0.09
Italy	0.083	0.079	0.084	0.093	0.103	-	-	-	0.114	0.119	0.112	0.108 ^{HH}
Cyprus	0.096	0.082	0.079	0.111	0.105	0.14	0.116	0.148	0.16	0.217	0.2	0.167
Latvia	-	0.043	0.041	0.041	0.044	0.066	0.09	0.089	0.098	0.11	0.096	0.09
Lithuania	0.055	0.051	0.05	0.05	0.055	0.083	0.092	0.099	0.104	0.114	0.123	0.096
Luxembourg	0.068	0.069	0.075	0.084	0.096	0.093	0.11	0.096	0.096	0.101	0.094	0.095
Hungary	0.06	0.065	0.07	0.075	0.081	0.112	0.122	0.104	0.098	0.089	0.09	0.084
Malta	0.064	0.062	0.071	0.071	0.09	0.122	0.151	0.185	0.185	0.186	0.186	0.185
Netherlands	-	-	0.081	0.086	0.092	0.091	0.098	0.086	0.082	0.08	0.079	0.077
Austria	-	0.055	0.062	0.065	0.079	0.09	0.099	0.092	0.092	0.091	0.087	0.083
Poland	0.057	0.045	0.051	0.054	0.054	0.081	0.086	0.093	0.096	0.087	0.088	0.078
Portugal	0.067	0.068	0.071	0.082	0.086	0.078	0.092	0.09	0.09	0.105	0.102	0.103
Romania	0.04	0.047	0.077	0.077	0.084	0.089	0.081	0.085	0.08	0.083	0.09	0.075
Slovenia	0.058	0.061	0.061	0.065	0.075	0.09	0.099	0.092	0.089	0.087	0.084	0.075
Slovakia	-	0.068	0.07	0.077	0.093	0.12	0.142	0.116	0.123	0.127	0.124	0.111
Finland	0.057	0.054	0.053	0.052	0.054	0.061	0.066	0.067	0.069	0.068	0.068	0.066
Sweden	0.067	0.052	0.046	0.059	0.063	0.069	0.066	0.08	0.089	0.08	0.08	0.07
United Kingdom	0.054	0.048	0.057	0.08	0.095	0.094	0.108	0.095	0.094	0.11	0.112	0.125
Iceland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Liechtenstein	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.136
Norway	0.056	0.054	0.053	0.052	0.072	0.065	0.067	0.089	0.096	0.077	0.081	0.065
Switzerland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montenegro	-	-	-	-	-	-	-	-	0.062	0.065	0.072	0.073
Former Yugoslav Republic of Macedonia, the	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.039	0.042
Albania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Serbia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.057	-
Turkey	-	-	-	-	-	0.066	0.075	0.086	0.076	0.083	0.089	0.072
Bosnia and Herzegovina	-	-	-	-	-	-	-	0.062	0.061	0.065	0.065	0.065

-not available provisional

Source of Data: Eurostat
Last update: 03.11.2014
Date of extraction: 04 Nov 2014 11:18:30 MET
Hyperlink to the table: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&code=ten00117>
General Disclaimer of the EC website: http://ec.europa.eu/pressinfo/legal_notices_en.htm
Short Description: This indicator presents electricity prices charged to final consumers. Electricity prices for industrial consumers are defined as follows: Average national price in Euro per kWh without taxes applicable for the first semester of each year for medium size industrial consumers (Consumption Band is with annual consumption between 500 and 2000 MWh). Until 2007 the prices are referring to the status on 1st January of each year for medium size consumers (Standard Consumer is with annual consumption of 2 000 MWh). Electricity prices for household consumers are defined as follows:

Figura 45 - Preços da Eletricidade para Médias Indústrias, em Portugal. Disponibilizado pelo Eurostat.

7.5 ANEXO E

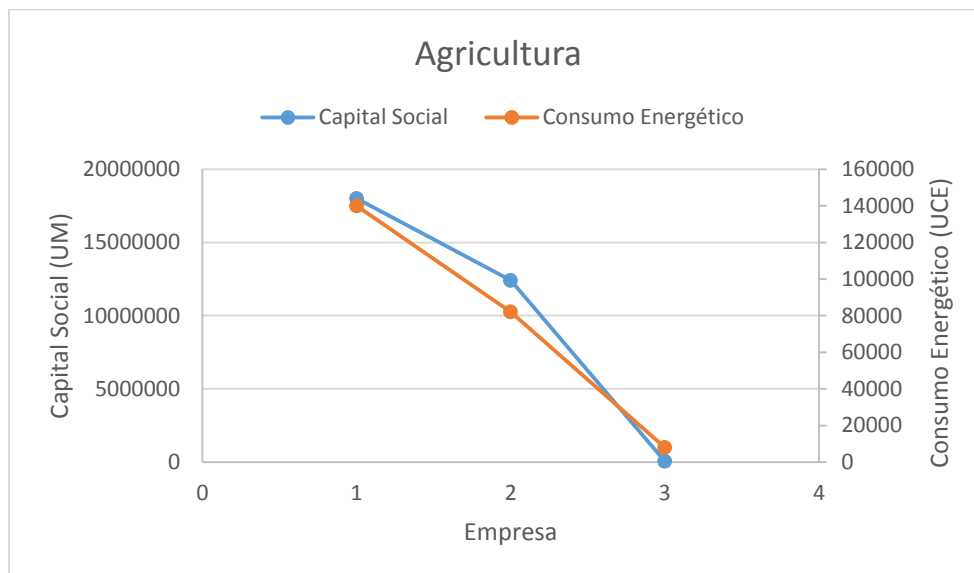


Figura 46 - Variação do Capital Social e do Consumo Energético para o agrupamento da Agricultura.

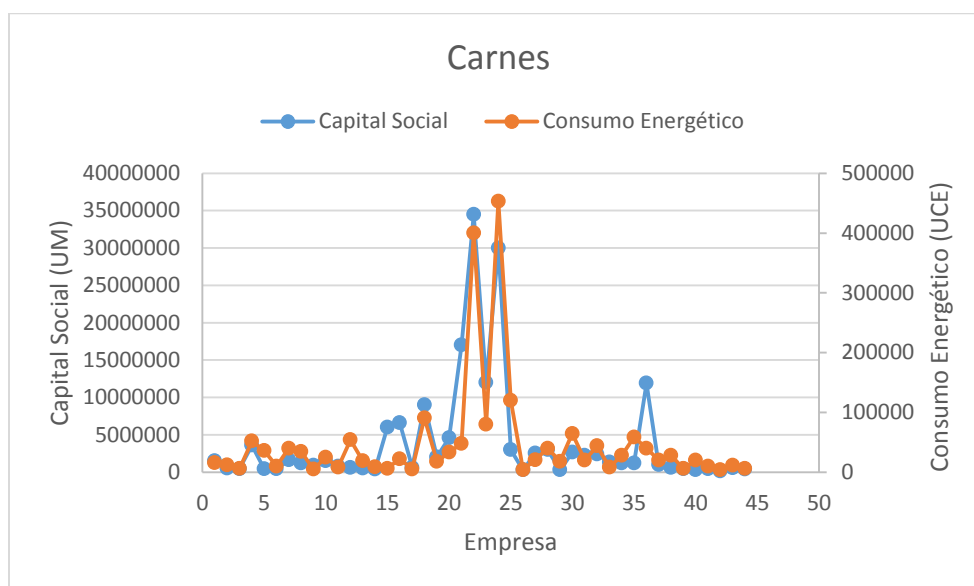


Figura 47 - Variação do Capital Social e do Consumo Energético para o agrupamento das Carnes

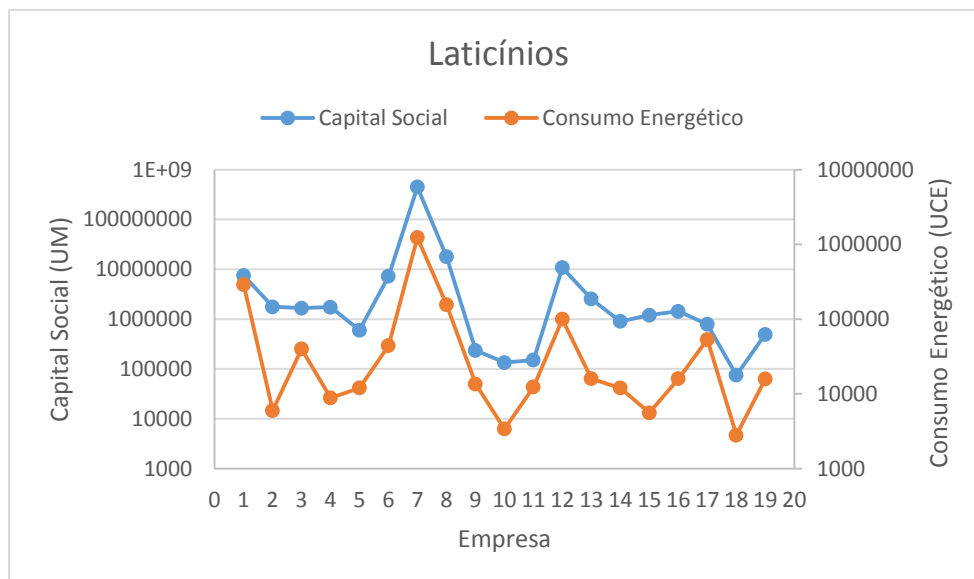


Figura 48 - Variação do Capital Social e do Consumo Energético para o agrupamento dos Laticínios

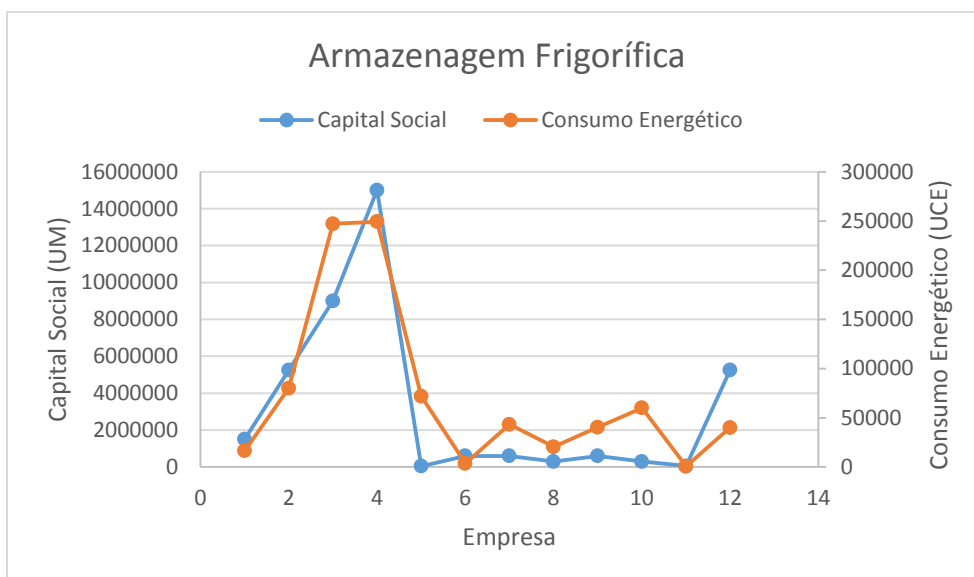


Figura 49 - Variação do Capital Social e do Consumo Energético para o agrupamento da Armazenagem Frigorífica

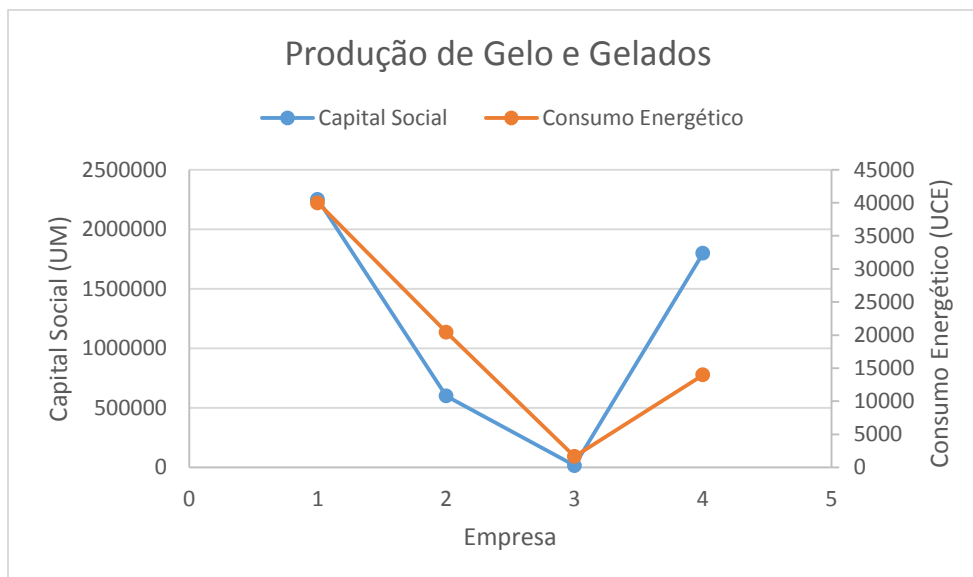


Figura 50 - Variação do Capital Social e do Consumo Energético para o agrupamento da Produção de Gelo e Gelados

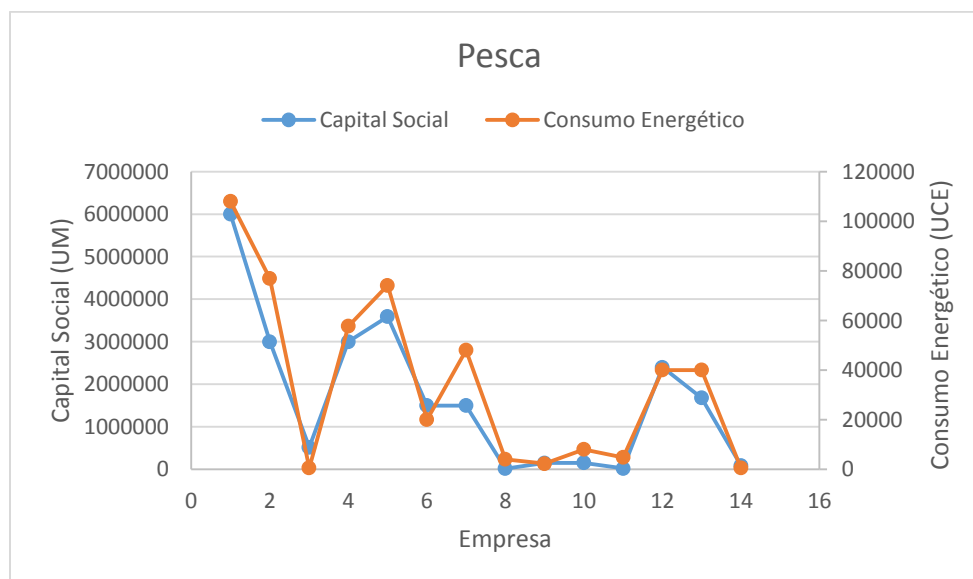


Figura 51 - Variação do Capital Social e do Consumo Energético para o agrupamento da Pesca

7.6 ANEXO F

Tabela 5 - Tipos de frio nos diferentes SAE do Agrupamento da Pesca

SAE	Refrigeração (%)	Congelação (%)	Zonas Climatizadas (%)
Pesca (Congelação)	100	100	100
Pesca (Preparação)	100	60	60
Pesca (Salga)	86	71	57
Pesca (Valores médios)	93	73	66

7.7 ANEXO G

Apresenta-se na Tabela 7 o enquadramento das empresas na matriz de Potencial de Poupança vs. Dificuldade de Investimento. Foram consideradas como antigas todas as instalações de antes de 2000, exclusive, e como recentes as que datam de depois do ano 2000, inclusive. Assim, surgem três grupos para a matriz:

1. Instalações antigas com desvio positivo;
2. Instalações antigas com desvio negativo e recentes com desvio positivo;
3. Instalações recentes com desvio negativo.

Tabela 6 - Localização das empresas na Matriz de Potencial Poupança vs. Dificuldade de Investimento

Response ID	Setor de Atividade	FCF _{empresa}	FCF _{agrupamento}	Desvio do FCF	Idade	Enquadramento
60	Armazenagem frigorífica	136,00	14,91	8,12	1998	1
58	Pesca	16,27	3,22	4,05	1999	
99	Carne	2,98	1,35	1,21	1999	
108	Carne	2,85	1,35	1,11	1984	
82	Carne	2,44	1,35	0,81	1984	
25	Carne	1,74	1,35	0,29	1995	
114	Carne	1,63	1,35	0,20	1989	
97	Armazenagem frigorífica	17,00	14,91	0,14	1983	
37	Carne	1,41	1,35	0,05	1995	
113	Carne	1,36	1,35	0,00	1997	
79	Laticínios	39,20	3,03	11,96	2000	2
66	Pesca	13,94	3,22	3,33	2004	
33	Carne	5,50	1,35	3,07	2009	
17	Carne	4,88	1,35	2,61	2004	
112	Carne	4,07	1,35	2,01	2009	
90	Carne	3,67	1,35	1,72		
101	Agricultura	9,60	3,55	1,71	2009	
83	Gelo e Gelados	6,67	2,56	1,60	2004	
34	Carne	2,14	1,35	0,59		
23	Carne	1,49	1,35	0,11	2009	
92	Carne	1,49	1,35	0,10		
103	Laticínios	3,32	3,03	0,10	2004	
20	Carne	1,45	1,35	0,08	2002	
98	Carne	1,42	1,35	0,05	2001	
9	Carne	1,39	1,35	0,03		
76	Laticínios	2,81	3,03	-0,07	1994	
38	Gelo e Gelados	2,04	2,56	-0,20	1994	

117	Carne	0,98	1,35	-0,28	1996	
73	Carne	0,92	1,35	-0,32	1994	
16	Carne	0,88	1,35	-0,35	1994	
56	Pesca	1,95	3,22	-0,39	1994	
88	Carne	0,81	1,35	-0,40	1992	
111	Laticínios	1,57	3,03	-0,48	1992	
18	Pesca	1,56	3,22	-0,51	1986	
7	Carne	0,63	1,35	-0,53	1998	
52	Carne	0,61	1,35	-0,55	1991	
71	Pesca	1,45	3,22	-0,55	1994	
32	Gelo e Gelados	1,07	2,56	-0,58	1999	
55	Carne	0,54	1,35	-0,60	1999	
78	Armazenagem frigorífica	5,84	14,91	-0,61	1991	
24	Laticínios	1,18	3,03	-0,61	1994	
81	Armazenagem frigorífica	5,72	14,91	-0,62	1995	
69	Pesca	1,02	3,22	-0,68	1984	
26	Carne	0,35	1,35	-0,74	1995	
70	Agricultura	0,56	3,55	-0,84	1988	
80	Laticínios	0,45	3,03	-0,85	1999	
64	Laticínios	0,43	3,03	-0,86	1994	
94	Agricultura	0,48	3,55	-0,87	1974	
65	Carne	0,17	1,35	-0,87	1994	
84	Laticínios	0,31	3,03	-0,90	1997	
49	Laticínios	0,30	3,03	-0,90	1996	
57	Armazenagem frigorífica	1,41	14,91	-0,91	1992	
30	Laticínios	0,25	3,03	-0,92	1995	
100	Laticínios	0,23	3,03	-0,92	1990	
10	Armazenagem frigorífica	0,93	14,91	-0,94	1980	
22	Laticínios	0,17	3,03	-0,94	1984	
63	Laticínios	0,13	3,03	-0,96	1994	
118	Armazenagem frigorífica	0,65	14,91	-0,96	1997	
36	Pesca	0,06	3,22	-0,98	1997	
62	Pesca	3,19	3,22	-0,01	2009	3
105	Carne	1,25	1,35	-0,07	2005	
116	Carne	1,20	1,35	-0,11	2006	
95	Carne	1,12	1,35	-0,17	2004	
27	Carne	1,01	1,35	-0,26	2007	
21	Laticínios	1,90	3,03	-0,37	2014	
106	Laticínios	1,83	3,03	-0,40		
85	Carne	0,82	1,35	-0,40	2004	
109	Carne	0,82	1,35	-0,40	2009	

15	Carne	0,81	1,35	-0,40	2004
67	Carne	0,71	1,35	-0,48	
29	Carne	0,64	1,35	-0,53	2006
74	Armazenagem frigorífica	6,13	14,91	-0,59	2007
77	Laticínios	1,23	3,03	-0,59	2007
93	Carne	0,54	1,35	-0,60	2003
43	Pesca	1,26	3,22	-0,61	
47	Carne	0,50	1,35	-0,63	
86	Carne	0,49	1,35	-0,64	2002
41	Pesca	1,17	3,22	-0,64	2003
14	Pesca	1,10	3,22	-0,66	2007
61	Carne	0,44	1,35	-0,67	2002
31	Laticínios	0,98	3,03	-0,68	2003
68	Carne	0,41	1,35	-0,70	2004
59	Pesca	0,92	3,22	-0,71	2007
96	Carne	0,36	1,35	-0,73	2008
54	Pesca	0,81	3,22	-0,75	2001
87	Laticínios	0,65	3,03	-0,78	2012
89	Gelo e Gelados	0,47	2,56	-0,82	2004
102	Laticínios	0,55	3,03	-0,82	2000
53	Armazenagem frigorífica	2,33	14,91	-0,84	2001
46	Carne	0,21	1,35	-0,85	2001
104	Carne	0,21	1,35	-0,85	2004
75	Pesca	0,36	3,22	-0,89	2005
51	Armazenagem frigorífica	1,30	14,91	-0,91	2010
107	Armazenagem frigorífica	1,13	14,91	-0,92	
45	Carne	0,06	1,35	-0,95	2004
72	Armazenagem frigorífica	0,51	14,91	-0,97	2005